

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний
Кафедра загальнотехнічних дисциплін

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття
ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Покращення агротехнологічних показників
основного обробітку ґрунту»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Зіренко Станіслав Валерійович
Керівник: Овсієнко Ю. І.
Рецензент: Горбенко О. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми. У технологічному процесі основного обробітку ґрунту сучасними плугами для відвальної оранки пласти ґрунту здійснюють неповний переверот, вкладаючись частково на кутову частину попереднього шару. Таке укладання пояснюється геометричними характеристиками перетину пласта, існуючим способом перевероту і йому притаманною траєкторією перекидання. В результаті виходить неповний переверот кореневого орного горизонту, недостатньо глибоке закладення насіння бур'янів, сприяє їх схожості, а також гребениста поверхня ріллі, яка потребує кількох додаткових поверхневих обробок.

Хоча в технології основного обробітку ґрунту з'явилися тенденції переходу до мінімальної і безвідвальної обробкам, в науковій літературі і в практиці світового сільськогосподарського машинобудування існує впевненість у перспективності відвальної оранки [1, 2] приблизно на половині оброблюваних площ. Виходячи з того, що тема роботи передбачає поліпшення якості оранки, вона може вважатися актуальною.

В даний час вдосконалення робочого процесу оранки та конструкції робочих органів йде по шляху застосування смугових відвалів, вібруючих робочих органів і їх окремих елементів, комбінації процесу перевероту пластів з поглибленою обробкою підорного шару, комбінації відвальної оранки з поверхневою обробкою, заміни функції польової дошки додатковим лівостороннім лемішем, пошуків простого способу збільшення кута перевероту пластів. Всі значні теоретичні дослідження базуються на основних роботах академіка В.П. Горячкіна [3], його учнів і послідовників. Класична методика побудови лемішно-відвальної поверхні розроблена професором Н.В. Щучкіним [4].

Основні напрямки вдосконалення плугів стосуються створення оборотних знарядь, смугових відвалів, комбінованих органів, застосування вібрації, але поліпшенню обороту пласта присвячується менше уваги. Проте

одна з головних вимог агротехніки до плуга – закладення насіння бур'янів на недоступну для проростання глибину шляхом повного обороту орного горизонту – до цих пір залишається не реалізованою будь-яким простим і надійним методом, що дозволяє застосовувати його в умовах, що змінюються по глибині обробки і з різними типами плугів. Існують способи збільшення кута обороту пласта за рахунок більш широкого захоплення робочих корпусів, застосування передплужників або кутознімачів, зміни форми відвалу і т.д., але вони призводять лише до часткового перевероту, залишаючи резерв для подальших досліджень з порушеної теми.

На цій основі нами намічені мета і завдання дослідження.

Мета дослідження: поліпшення якості оранки шляхом збільшення кута обороту ґрунтових пластів.

Об'єктом дослідження прийнятий процес оранки ґрунту лемішно-відвальних плугом.

Предмет дослідження: визначення закономірностей укладання шарів з попередніми розширенням борозни додатковими робочими органами.

Методика досліджень: використано механіко-математичний апарат дослідження траєкторії переміщення ґрунтових пластів при відвальній оранці і сил, що діють на робочі органи, розроблений основоположниками теорії взаємодії ґрунтообробних знарядь і оброблюваного середовища, метод тензометричного визначення діючих сил; існуючі способи визначення якісних показників при відвальній обробці ґрунту; оригінальний метод вимірювання кута перевероту пластів; існуюча методика визначення економічної ефективності експериментального ґрунтообробного знаряддя.

Наукова новизна. Доведено перевагу пропонованого процесу обороту ґрунтових пластів, що відрізняється від існуючих збільшеним кутом обороту за рахунок постановки додаткових щитків, що розширюють дно борозни; визначені раціональні конструктивні параметри додаткових щитків, що розширюють борозну.

Практична значимість. Запропоновано спосіб покращення якості основного обробітку ґрунту шляхом вдосконалення робочих органів за рахунок розробки конструкції лемішно-відвального плуга з додатковими щитками для збільшення куту обороту пластів та розширення борозни.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Технічні засоби і способи основного обробітку ґрунту

Перші металеві плуги з'явилися в Англії в кінці 18 століття, і з тих пір почався різкий перехід від первісних способів обробітку ґрунту, заснованих на життєвому досвіді, пробах і помилках, до сучасних наукових технологій і технічних засобів [4]. За два століття процесу вдосконалення металевих робочих органів для відвальної оранки вони придбали більш сучасні форми, пристосовані для різних ґрунтово-кліматичних умов, для різних швидкостей роботи, для можливого зменшення тягового опору, для кращого виконання агротехнологічних вимог. Найбільш розповсюджені типи плужних корпусів показані на рис. 1.1.

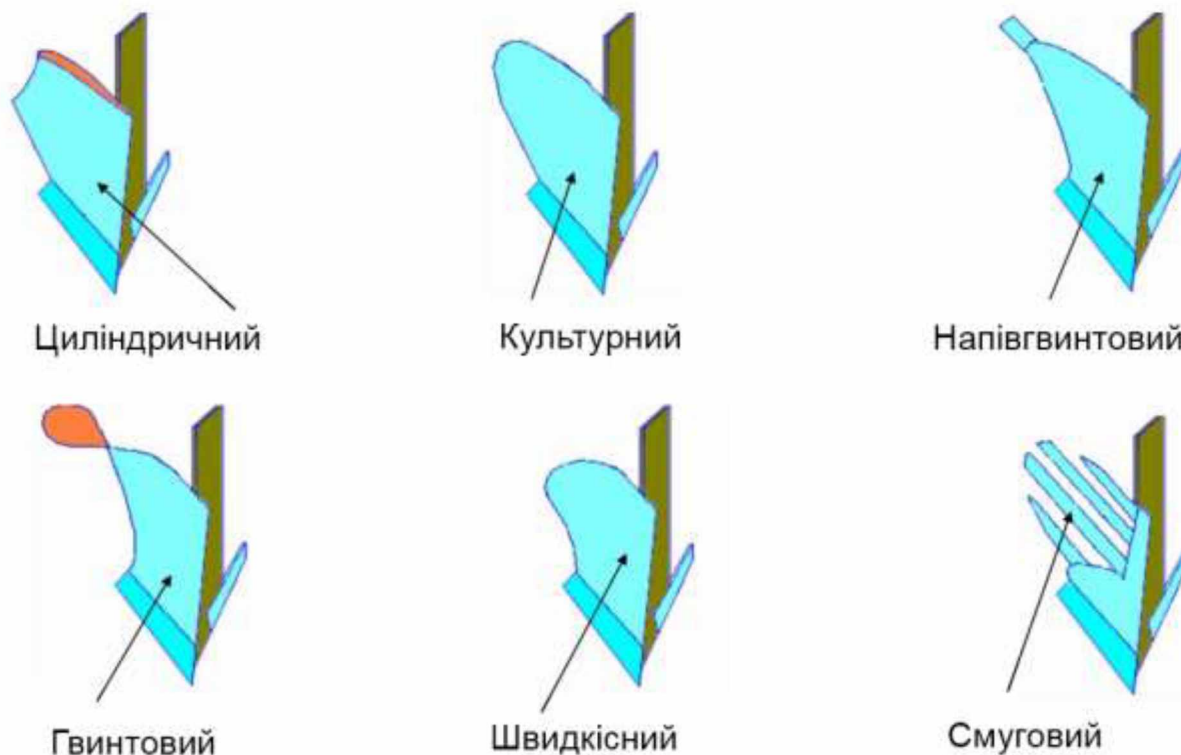


Рисунок 1.1 – Типи плужних робочих корпусів для відвальної оранки

У системах землеробства обробка ґрунту вважається основою всієї технології обробітку тієї чи іншої культури, так як є засобом регулювання фізичних властивостей ґрунту, знищення бур'янів, накопичення вологи, боротьби з шкідниками і хворобами [5]. При обробці ґрунту активізуються аеробні мікробіологічні процеси, які вивільняють з гумусу і накопичують в ґрунті живильні речовини для рослин. Ґрунтова обробка підрозділяється на основну глибоку (від 14 до 39 см) і поверхневу (від 4 до 14 см). На основній глибокій обробці застосовується відвальна оранка, безвідвальне розпушування, обробка чизелями, плоскорізами, комбінованими агрегатами. Поверхнева обробка – це культивація, боронування, шлейфування, луцення, дискування.

Узагальнюючи прогноз провідних учених і практиків, можна зробити висновок про те, що в обробці ґрунту технології і техніка в найближчі 20 років будуть розвиватися в напрямку захисту ґрунту від ерозії, збереження екології і економії енерговитрат. Лемішно-відвальні плуги і безвідвальні знаряддя будуть застосовуватися в співвідношенні 1 : 1. Застосування відвальних плугів може бути щорічним на кожному полі, якщо кількість опадів за рік перевищує 500 мм. У більш посушливих регіонах рекомендується альтернативна обробка, коли поєднуються відвальна оранка з безвідвальним або поверхневою обробкою [6]. Висока культура землеробства проявляється при виконанні гладкої оранки, коли застосовуються фронтальні плуги, що працюють човниковим способом без розвальних борозен і звальних гребнів [6]. Перевертаючи кожен пласт ґрунту у власну борозну, ці плуги перекидають їх на 180°, чим досягається повне закладення насіння бур'янів на недосяжну для їх проростання глибину.

Якщо відвальна оранка виконує свій технологічний процес перевороту пластів практично однаково при використанні плугів самих різних моделей, то безвідвальна обробка набагато різноманітніша за способом впливу на ґрунт і існуючими технічними засобами. Найбільш поширена з безвідвальних обробок – це плоскорізна.

Вона може проводитися зі збереженням стерні з метою боротьби з вітровою ерозією ґрунту або без збереження стерні, з одночасним кришенням поверхневого шару додатковими роторними або пасивними органами.

Чизелювання відноситься до одного з прийомів безвідвальної обробки ґрунту. Воно застосовується для суцільного глибокого розпушування без обертання пласта, а також для поглиблення і окультурення орного шару на бідних ґрунтах [7]. Глибина розпушування становить 20-40 см. Для цього застосовують чизель ПЧ-2,5, ПЧ-4,5, інші моделі виробництва вітчизняних приватних фірм і численні імпорتنі моделі, наприклад, ЧГ-40, ЧГ-40-01, ЧГ-40-02 [7]. Робочі органи чизеля представляють собою потужні долотоподібні стойки з наральниками на нижньому кінці (чизельна лапа). Чизельні лапи бувають прямі вертикальні і вигнуті під кутом в бік. Вигнуті лапи мають довшу лінію впливу на ґрунт, тому вони створюють більш широку зону розпушування. Найчастіше лапи комплектуються додатковими горизонтальними лезами на різних рівнях, щоб активізувати розпушування ґрунту, збільшити ширину розпушеної зони.

На чизельних лапах іноді застосовуються вертикальні леміші, поставлені під кутом атаки 15-25°, які розрізають кореневища, зрушують убік захоплений масив ґрунту і тим самим наближають технологічний процес до функції плугового відвалу, але без перевероту пласта (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Один з варіантів стоек парaplów (параплан)

Чизелювання привертає конструкторів і винахідників комбінованих робочих органів, які поєднують відвальну обробку поверхневого шару ґрунту і безвідвальну – нижнього шару. Цим частково реалізують закладення рослинних залишків, добрив і насіння бур'янів, а також розпушують дно борозни, знищуючи «плужну підшву» і збільшуючи загальну глибину обробки. При цьому нижні шари розпушеного шару залишаються на місці без винесення на поверхню.

Можна вважати, що початок цьому напрямку вдосконалення робочих органів поклало застосування ґрунтопоглиблювачів на плугах з тією лише різницею, що ґрунтопоглиблювачі в різних конструктивних варіантах стали застосовувати не тільки на бідних ґрунтах по глибині залягання гумусного шару, але і в благополучних умовах. Оскільки підйому і перевероту піддається менший шар ґрунту, ніж при відвальній оранці, автори подібних винаходів констатують зменшення сили опору в порівнянні з відвальними плугами на 8-10% [8]. На рис. 1.3 представлена схема комбінованого робочого органу, розробленого А.Г. Уфаєвим.

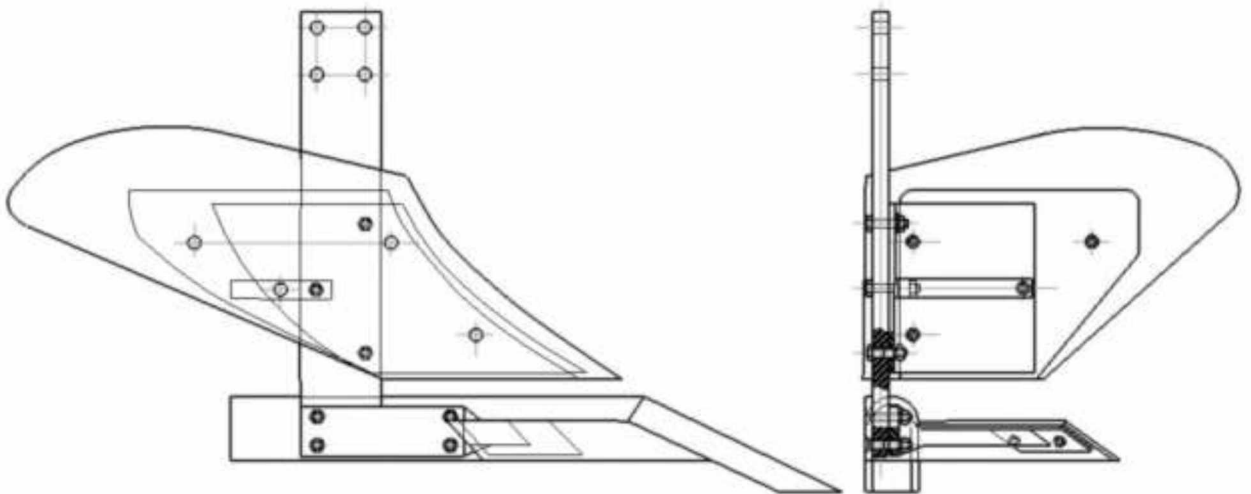


Рисунок 1.3 – Принципова схема комбінованого робочого органу

Розроблено новий багатофункціональний робочий орган модульного типу (рис. 1.4). Він складається зі стойки, на якій закріплені чизельний і плужний органи [9]. Робочий орган має можливість переміщення відвалу

вздовж стойки, що дозволяє налаштовувати ресурсозберігаючий «анти-нульовий» чизельний орган, названий «Ранчо», на виконання різних технологій глибокої обробки ґрунту. При цьому враховується, що розпушування ґрунту повинно бути на глибину «економічної» чуйності рослин, а оборот пласта – на мінімально необхідну величину.

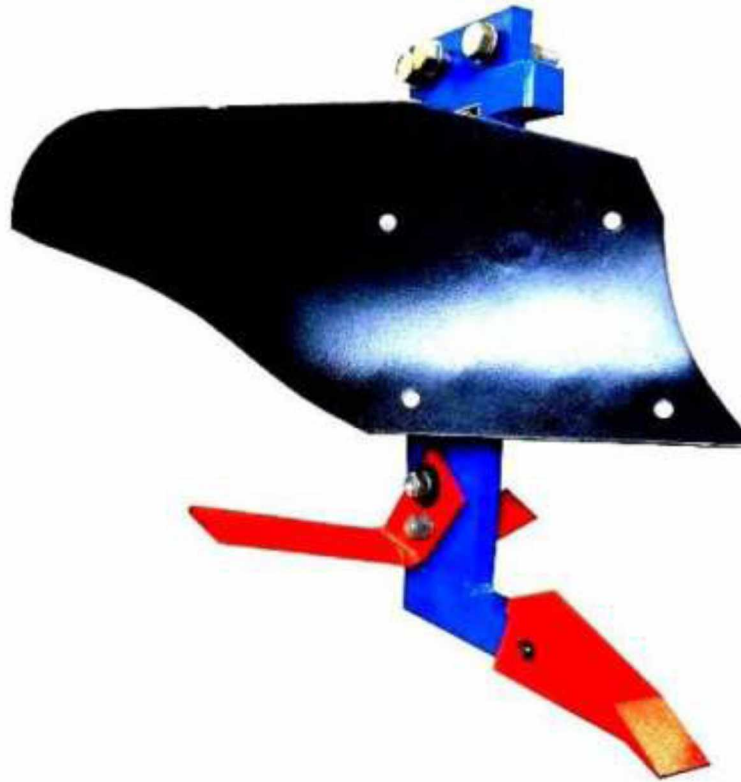


Рисунок 1.4 – Комбінований робочий орган І.Б. Борисенко

Основний обробіток ґрунту може проводитися дисковими робочими органами. Для цього сферичні диски (гладкі або вирізні) встановлюються або на плугах, або на важких боронах. Дискові знаряддя з'явилися набагато пізніше, ніж лемішно-відвальні плуги [10]. Їх перевага полягає в меншому тяговому опорі, так як обертові диски можуть переносити ґрунт в сторону, не змушуючи її ковзати по робочій поверхні, долаючи силу тертя [10]. Крім того, конструкція дискового органу набагато простіше у виготовленні, при роботі не чіпляється за перешкоди в ґрунті, а перекочується через них. Але їм притаманні і недоліки: хвилясте дно борозни і порівняно поганий переворот

пластів. Щоб поліпшити переверот, диски на плугах встановлюються з двома кутами – кутом атаки і кутом нахилу від вертикалі.

Диски можуть мати індивідуальні стойки (плуги, важкі борони) або батарейну систему кріплення (важкі борони). Батарейна система не допускає кута нахилу від вертикалі, і тому переверот шарів ґрунту майже не відбувається. Вирізні диски дуже активно перемішують рослинні залишки з ґрунтом, борона може виконувати основний обробіток на глибину до 20 см, але з насінням бур'янів не бореться. Аналогічну роботу виконують і вітчизняні багаторядні важкі дискові борони [11,12].

Смугова обробка ґрунту, як різновид мінімальної, з'явилася в США і Західній Європі в останнє десятиліття і отримала назву Strip-Till. Сенса полягає в тому, що восени в період основного обробітку поле рихлити смугами на глибину 20-35 см на розсуд агронома, можна одночасно в ці смуги вносити мінеральні добрива. Ширина смуг 15-25 см, і вони відстають одна від одної на ширину міжряддя просапної культури, під яку готується поле. Між смугами залишається незаймана стерня. Таким чином, обробці піддається близько однієї третини площі поля.

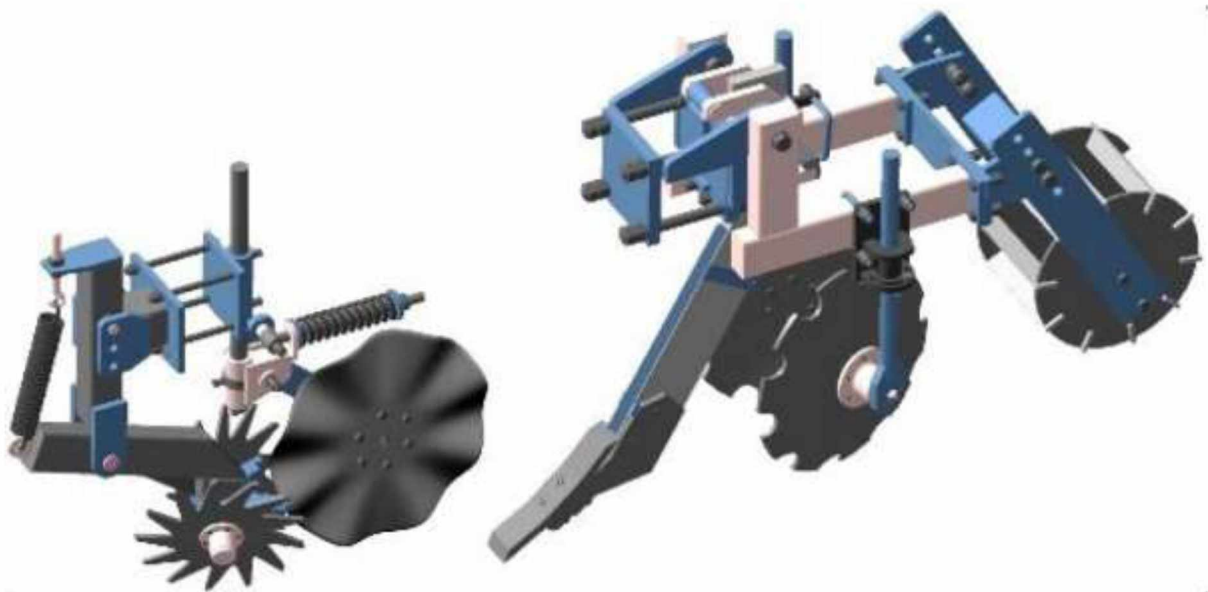


Рисунок 1.5 – Робоча секція для розпушування смуги по технології Strip-Till

Навесні смуги оновлюються передпосівної обробкою на меншу глибину, і проводять посів звичайними сівалками. Міжрядний обробіток виключається. Економія витрат енергії очевидна. Грунт майже не піддається ерозії. Недолік у відсутності механічної боротьби з бур'янами, так як перевероту пластів бути не може, міжряддя не обробляються, надія тільки на гербіциди. Робочі секції для нарізування смуг (рис. 1.5) містять набір робочих органів, який може складатися з долотоподібних, стрілчастих культиваторних лап, чизельний стойок, плоских або сферичних дисків, голчастих роторів і коточків [13].

1.2 Аналіз технології основного обробітку ґрунту

На європейському континенті відвальна оранка продовжує залишатися переважним прийомом основного обробітку ґрунту. Експерти по сільському господарству як вітчизняні, так і зарубіжні, передбачають застосування відвальних плугів на 50% посівних площ до середини 21 століття. Відвальний плуг в даний час на європейському ринку ґрунтообробної техніки є однією з найбільш ліквідних позицій. Близько 40 фірм Європи виробляють приблизно 40-45 тис. плугів щорічно [14]. Найбільш великими розробниками і виробниками лемішно-відвальних плугів є фірми «Kverneland» (Норвегія), «Kuhn-Huand» (Франція), «Lemken», «Rabewerk» (Німеччина), «Vogel & Noot» (Австрія) та ін. [15,16]. Конструкції плугів безперервно вдосконалюються. Поряд з основними, що вже стали класичними, конструкціями навісних і напівнавісних плугів з'явилися оборотні і фронтальні плуги, блокові конструкції, складені і комбіновані. До основних робочих органів додаються допоміжні, які спрямовані на забезпечення більш високої якості оброблення пластів і їх перевероту, на зниження енергетичних витрат.

Бурхливо розвивається альтернативний спосіб основного обробітку ґрунту, заснований на застосуванні плоскорізів, дискових знарядь і їх

комбінацій в різних варіантах. Цьому сприяє прагнення користувачів до зниження енергетичних витрат і антропогенного тиску на природу, що виражається в провокації ерозії ґрунту. Серед аграріїв ці два напрямки в технології обробки ґрунту конкурують з перемінним успіхом. Століттями склалася традиція орати ґрунт, що якби гарантує очікувану врожайність культури, але прихильники мінімальної обробки протиставляють нібито таку ж врожайність при скороченні експлуатаційних витрат. Об'єктивне порівняння результатів застосування цих двох технологій можна провести на аналізі виконання завдань основного обробітку ґрунту, які зводяться до наступного:

- розпушити ґрунт в кореневмісному шарі;
- знищити бур'яни і їх насіння;
- перемішати розкидані мінеральні та органічні добрива, а також рослинні залишки з ґрунтом, розподіливши їх на глибині понад 10 см шляхом перевероту пластів;
- вирівняти поверхню ґрунту до дрібногрудкового і безгребеневого стану.

Порівняємо позитивні і негативні сторони двох домінуючих технологій (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Позитивні і негативні сторони двох домінуючих технологій основного обробітку ґрунту

Домінуючі технології	
Відвальна оранка плугами	Безвідвальна обробка комбінованими агрегатами
+ Виконуються всі завдання основного обробітку	+ Зменшення ерозії ґрунту
+ Підвищення урожайності на 12-15%	+ Висока продуктивність, менша витрата палива і інших ресурсів
– Більша енергоємність польової операції	– Неможливість надійного внесення в ґрунт добрив.
– Підвищена витрата матеріальних ресурсів, невисока продуктивність	– Прогресивне роками заростання полів бур'янами. Підвищена потреба в гербіцидах з їх наслідками
– Більш інтенсивні повітряна і водна ерозії ґрунту	– Недобір урожаю через малу глибину обробки

Оцінити економічно наслідки застосування порівнюваних технологій не представляється можливим через диференціації ґрунтово-кліматичних умов, впливу попередників, доз добрив, строків проведення польових операцій, варіантів подальшого догляду за рослинами і багатьох інших факторів. Та якби й був об'єктивний результат такої оцінки, він би усунув серед аграріїв застосування програної технології. Але обидві технології застосовуються, і часто прихильники мінімальної обробки стверджують, що врожайність не знижується. Однак найчастіше виявляється, що вони застосовують мінімальну обробку всього лише рік або два після відвальної оранки і користуються її наслідками.

В результаті такого логічного аналізу запрошується два компроміси в застосуванні обох технологій. Перший з них – це застосування відвальної оранки в кліматичних зонах з випаданням опадів 500 мм на рік і більше, а в зонах з недостатнім зволоженням – комбіновані агрегати [17]. Другий компроміс полягає в тому, щоб на кожному полі застосовувати протягом трьох років мінімальну обробку комбінованими агрегатами, а на четвертий рік застосовувати глибоку відвальну оранку. Цей другий компроміс добре узгоджується з чотирьох-польовими сівозмінами, тобто застосовувати оранку під ті культури, які вимагають глибокої (28...32 см) обробки, наприклад, цукровий буряк, картопля, соняшник.

З цього аналізу випливає, що плуги для відвальної оранки залишаються в перспективних системах обробітку ґрунту і повинні вдосконалюватися з метою кращого виконання агротехнічних вимог і зменшення енерговитрат.

1.3 Основні напрямки вдосконалення плугів для відвальної оранки

Перспективним напрямкам вдосконалення технології та технічних засобів для основного обробітку ґрунту присвячені роботи багатьох дослідників [5-12,18,19].

Проводяться дослідження щодо впливу вібрації робочих органів на зменшення тягового опору плуга. Вібрація зменшує коефіцієнт тертя ґрунту по сталевому листу з 0,61 до 0,50 при частоті 22-24 Гц і амплітудою 2-4 мм [20]. В експериментальних плугів з пластинчастими (ресорними) стойками корпусів була досягнута спонтанна вібрація з частотою 5-8 Гц і амплітудою до 5 мм, що забезпечило зменшення тягового опору плуга на 12-15%. [21,22]. Схема корпусу плуга з вібруючою стойкою показана на рис. 1.6.

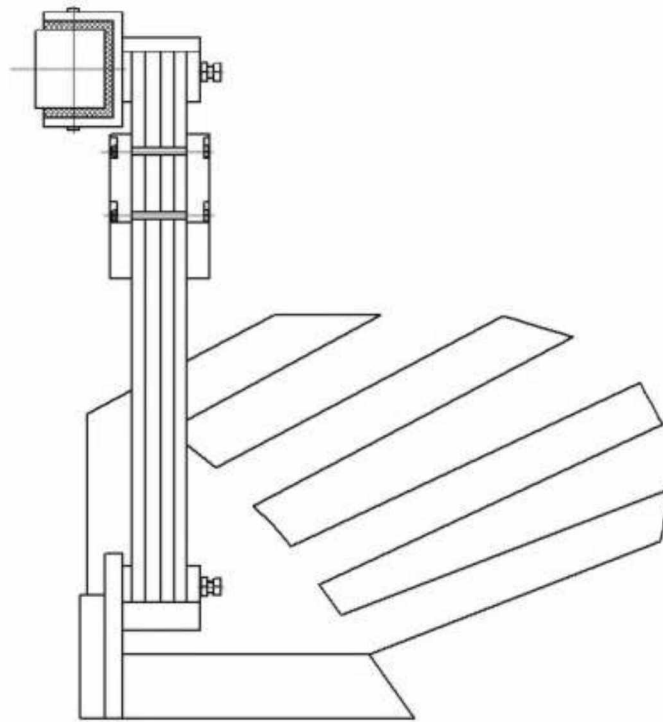


Рисунок 1.6 – Схема корпусу плуга з вібруючою стойкою (вид ззаду)

Можливо, коефіцієнт тертя не змінюється, а просто при вібрації робочого органу ґрунт контактує з інструментом імпульсно, частина шляху пролітає без торкання, тому сила тертя зменшується. Крім того, в ґрунті виникають випереджаючі тріщини, які теж зменшують тяговий опір. Найпростіший спосіб примусової вібрації – це замінити опорне колесо (або колеса) на каток в формі правильного багатокутника. Знаряддя має бути навісним, щоб в транспортному положенні каток не торкався землі [23].

Одним із напрямів удосконалення конструкції робочого корпусу є зменшення кута підйому лемішно-відвальної поверхні. За теоретичними

дослідженнями [23], якщо потрібно підняти пласт ґрунту простим клином на задану висоту, то оптимальний кут з точки зору зменшення тягового опору дорівнює 18° , тобто набагато менше, ніж у сучасних відвальних плугів (рис. 1.7).

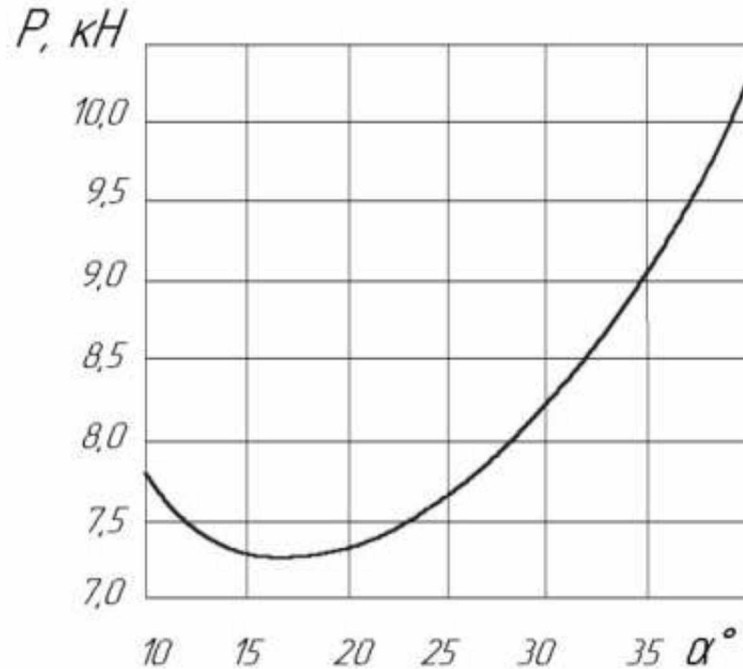


Рисунок 1.7 – Вплив кута підйому клина на тяговий опір

При всій елегантності процесу перевероту пластів і легкості конструкції ці плуги мають один недолік – нестійкість технологічного процесу при зміні глибини оранки або на засмічених полях. Нестійкість виявляється в забиванні технологічних проходів для пластів.

Робиться дуже багато спроб поліпшити подрібнення ґрунту за рахунок постановки додаткових елементів до лемішів, відвалів і польових дошок [24,25].

1.4 Способи збільшення кута перевероту пласта

За останні роки вітчизняна та зарубіжна практика плугобудування збагатилася моделями плугів зі збільшеним захватом (найчастіше регульованим) робочого корпусу в порівнянні з традиційною шириною

захвату 35 см, яка домінувала абсолютно в 30-80-ті роки минулого століття. Тому причиною є багато позитивних якостей широких корпусів, наприклад, зменшення числа стійок, а отже, забиття ґрунтом і рослинними залишками технологічних проходів для пластів, спрощення конструкції, прагнення збільшити глибину оранки і, нарешті, збільшений кут перевертоту при тій же глибині оранки і велика стійкість перевернутого пласта. Відомо [23], що для того, щоб пласти не поверталися в проміжне положення, необхідне перевищення коефіцієнтом k свого критичного значення:

$$k = \frac{b}{a} \geq 1,27,$$

де a і b – відповідно глибина ходу і ширина захвату корпусу.

Якщо при оранці під буряк $a = 32$ см, а $b = 35$ см, то k приймає значення 1,09, тобто пласт не стійкий. При ширині захвату 45 см коефіцієнт до збільшується до 1,41.

Кут нахилу перевернутого пласта до горизонту (рис. 1.8) виражається залежністю [24]:

$$\delta = \arcsin \frac{a}{b}, \quad (1.1)$$

з якої видно, що при заданій глибині оранки a кут нахилу пласта залежить від ширини b захвату корпусу.

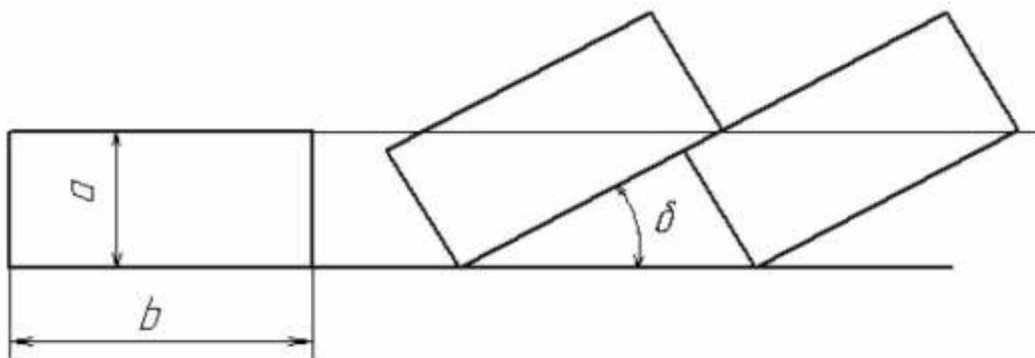


Рисунок 1.8 – Кут нахилу перевернутих шарів

Один зі способів збільшення кута перевертоту пластів – це установка передплужників (рис. 1.9). При цьому глибина оранки повинна бути не

менше 20-22 см. Якщо орати з передплужниками ще меншими, їх ефективність пропадає через недостатнє прикриття знятого передплужниками шару залишеною частиною ґрунтового шару. Однак слід мати на увазі, що при всій ефективності передплужників щодо окультурення оранки тяговий опір плуга зростає на 15-20% [25]. І тим не менше, переваги культурної оранки змушують аграріїв встановлювати передплужники.

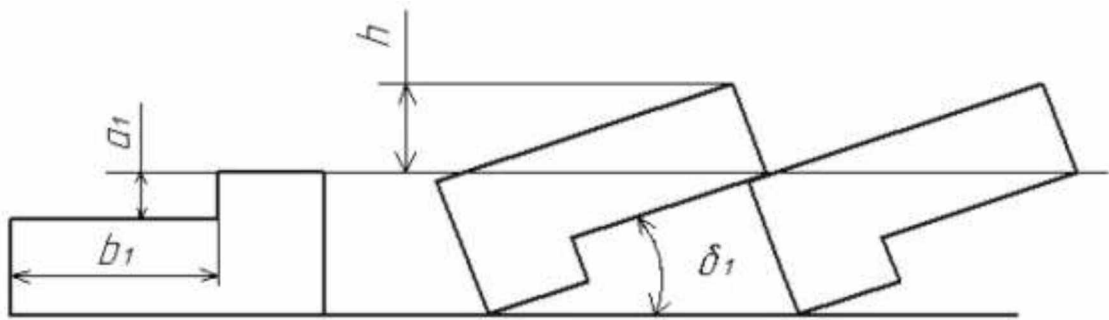


Рисунок 1.9 – Кут нахилу перевернутих шарів при установці передплужників

Передплужник може бути встановлений зі зміщенням вліво щодо головного корпусу (в сторону неораного поля). Тоді кожен пласт ґрунту перед переворотом виявляється надрізаним з двох сторін (рис. 1.10).

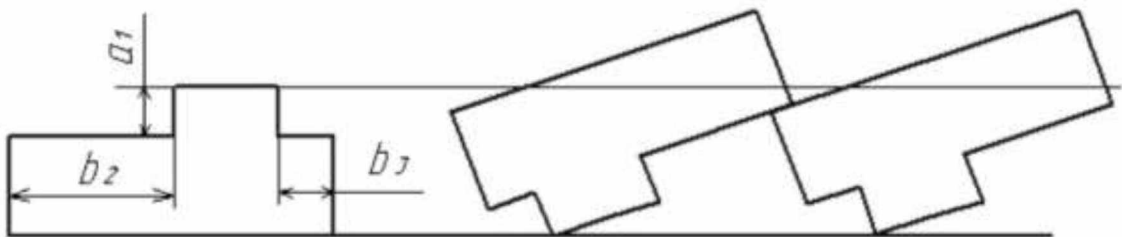


Рисунок 1.10 – Кут нахилу перевернутих шарів при зміщенні передплужників

В цьому випадку пласти при своєму перевороті піднімаються на меншу висоту, і зменшується гребенястість пооранної поверхні за рахунок кращого заповнення пустот на дні борозни.

З метою зменшення металоємності виробів, його габаритів і тягового опору в останні роки на плуги часто встановлюють кутознімачі замість

передплужників [26]. Кутознімачі виконують функції передплужників в набагато меншому ступені, однак теж сприяють поліпшенню перевероту пластів.

У пошуках кращого варіанта перевероту і укладання ґрунтових пластів є спроби змінити форму поперечного перерізу пласта, наприклад, підрізати пласт не знизу лемешем, а по похилій лінії борозним обрізом відвалу [26]. Для цього кромку відвалу зміцнюють і заточують. Виходять пласти і форми паралелограму, але і вони не гарантують повного перевероту.

Висновки, мета і задачі дослідження

Аналіз наведених джерел дозволяє сформулювати висновки за ступенем розбирання обраної теми і намітити мету та завдання досліджень.

1. Відвальна обробка ґрунту, яка існує більше 4 тис. років з часів створення римського плуга, вважається основою формування врожаю культивованих рослин. З середини 20 століття їй стали протиставляти безвідвальну, мінімальну, смугову і інші варіанти обробки з метою зменшення енерговитрат і шкоди екології.

2. При відвальній обробці констатується більш висока врожайність вирощуваних культур, яка обумовлює компромісне рішення багатьох вчених та аграріїв застосовувати обидві технології з чергуванням в міру необхідності відповідно до засміченістю полів, глибоким ущільненням ґрунту, утворенням плужної підшви та інших факторів. Відвальна оранка буде застосовуватися в майбутньому приблизно на половині оброблюваних площ. Основні напрямки вдосконалення плугів стосуються створення оборотних знарядь, смугових відвалів, комбінованих органів, застосування вібрації, але поліпшенню обороту пласта присвячується менше уваги.

3. Повний оборот пласта вважається переважним способом відвальної оранки, він все більше поширюється при основній обробці, але до теперішнього часу реалізований тільки в створенні фронтальних плугів.

Фронтальні плуги мають свої недоліки, які стримують їх широке поширення, і потрібні пошуки інших, більш простих конструкцій, що забезпечують надійність технологічного процесу при зміні налагоджувальних параметрів знаряддя.

4. Існують способи збільшення кута обороту пласта за рахунок зміни ширини захвату корпусів, застосування передплужників, кутознімачів, бокового зміщення передплужників, зміни форми відвалу і т.д., але вони призводять лише до часткового перевороту, залишаючи резерв для подальших досліджень з порушеної теми.

На цій основі нами намічені мета і завдання дослідження.

Мета роботи – поліпшення якості оранки шляхом збільшення кута обороту ґрунтових пластів.

Завдання дослідження:

– довести можливість збільшення кута обороту ґрунтових пластів плужним корпусом з попередніми розширенням борозни і переваги цього технологічного прийому;

– визначити раціональні конструктивні параметри лемішно-відвального корпусу з додатковими вертикальними щитками;

– визначити вплив додаткових щитків на якісні показники відвальної оранки і силу опору плуга.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма експериментальних досліджень

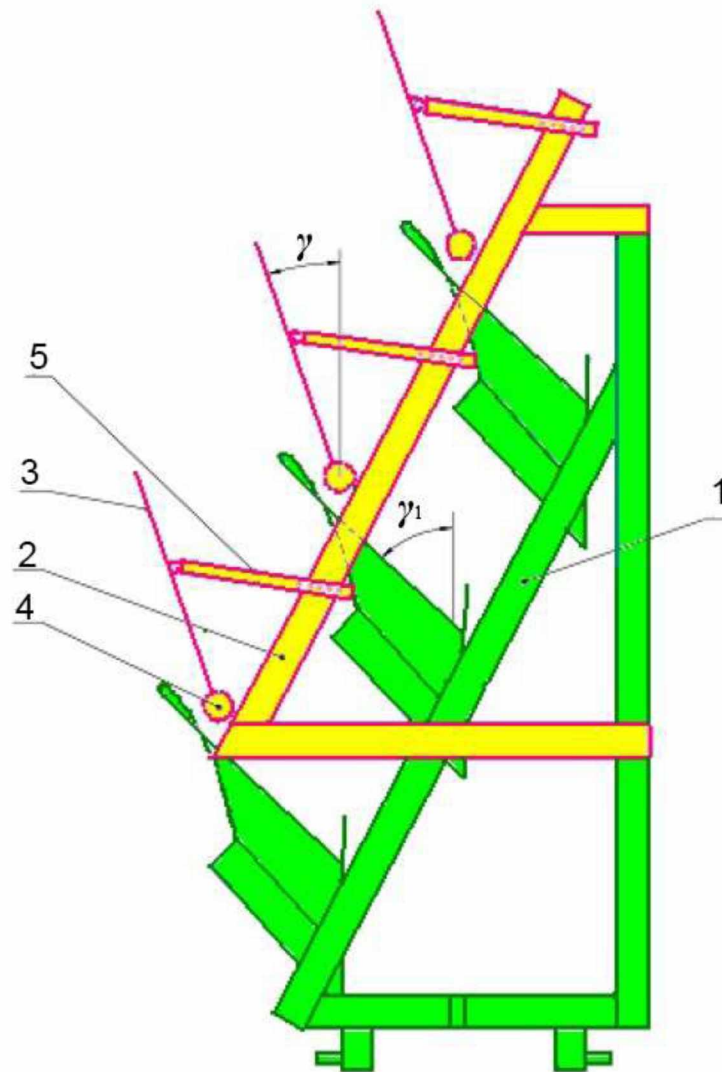
Збільшення кута обороту пластів з попередніми розширенням борозни є новим прийомом в технології оранки. Оскільки аналогів робочих органів подібного типу в плугобудуванні не було, в програму проведення експериментів включено розробку та виготовлення макетного зразка плуга, обладнаного вертикальними щитками.

Ідея можливості повного обороту пластів за рахунок розширення борозни існувала тільки у вигляді наукової гіпотези, тому на початковому етапі експериментальних досліджень в програму включили випробування макетного зразка на оранці культивованих пара і на стерньових тлі, а також його здатність збільшувати вільний простір борозни.

У програму дослідів включили визначення повноти обороту орного шару ґрунту, визначення ширини дна борозни, ступінь закладення рослинних залишків, глибистість і гребенястість поораної поверхні. Всі показники порівнювали з показниками якості роботи того ж агрегату зі знятими щитками, тобто зі звичайною оранкою без передплужників.

2.2. Об'єкти дослідження

Наукова гіпотеза про можливість повного обороту орного горизонту під час розчищення борозни від нависаючих частин попередніх пластів перевірялася на макетному зразку плуга. Його концепція представлена на рис. 2.1, а зовнішній вигляд показаний на рис. 2.2.



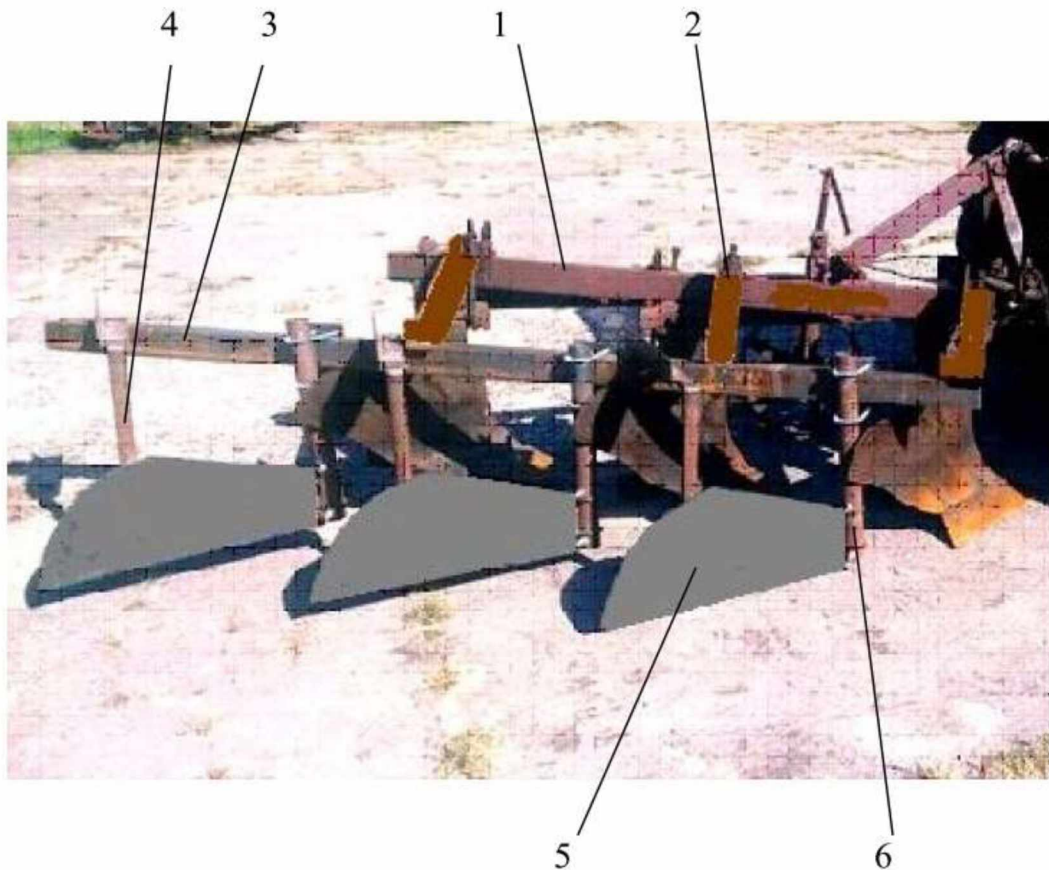
1 – плуг ПН-3-35; 2 – додаткова балка; 3 – щиток; 4 – вісь повороту; 5 – задній упор щитка γ

Рисунок 2.1 – Конструктивна схема макетного зразка плуга

До рами 1 навісного трьохкорпусного плуга ПН-3-35 зі знятими передплужниками за допомогою трьох кронштейнів 2 жорстко прикріплена додаткова горизонтальна балка 3 (рис. 2.2). По висоті вона опущена до дотику верхніх обрізів відвалів. Ця балка несе на собі задні опори 4 щитів 5 і осі 6, які служать для кріплення щитів і регулювання їх орієнтації по куту повороту до напрямку руху агрегату. Для зміни кута атаки щитків опори 4 можуть зміщуватися в поперечному напрямку.

Крім того, осі 6 разом зі своїми щитками можуть регулюватися по висоті розташування щодо дна борозни. Осі 6 повинні бути розташовані в

межах ширини захвату плужного лемішу, що стоїть попереду, щоб не спиратися на неоране поле при першому робочому проході плуга.



1 – плуг ПН-3-35; 2 – кронштейн кріплення додаткової балки; 3 – додаткова балка; 4 – задня опора щита; 5 – щит; 6 – вісь повороту щита

Рисунок 2.2 – Макетний зразок плуга

Ці додаткові робочі органи були виготовлені з листової сталі товщиною 8 мм і жорстко скріплені зі своїми осями повороту (рис. 2.3).

Вертикальні щити кріпляться безпосередньо до стійок основних робочих органів без додаткової балки рами (рис. 2.4 і 2.5). До щита 1 підведений задній упор 2 з регульованою довжиною. Це дає можливість змінювати кут нахилу щита до напрямку руху шляхом його повороту щодо осі 3. Задній кінець щитка повинен стояти від стінки борозни на відстань $(a + b)$, де a і b – розміри перетину ґрунтового шару. При зміні глибини обробки треба відповідно змінювати положення щитка.

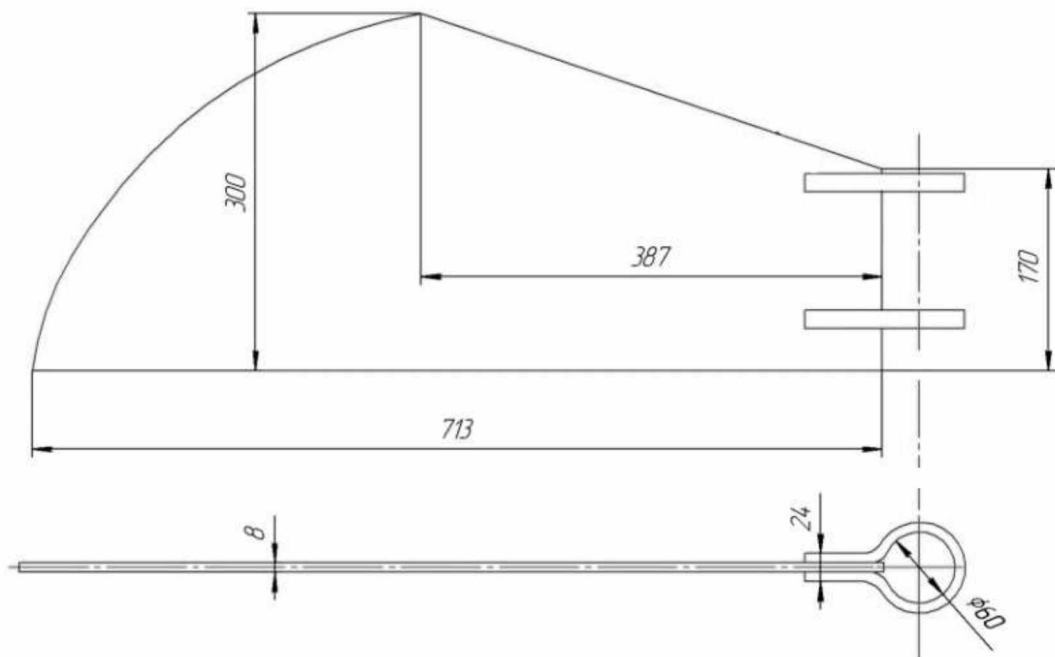
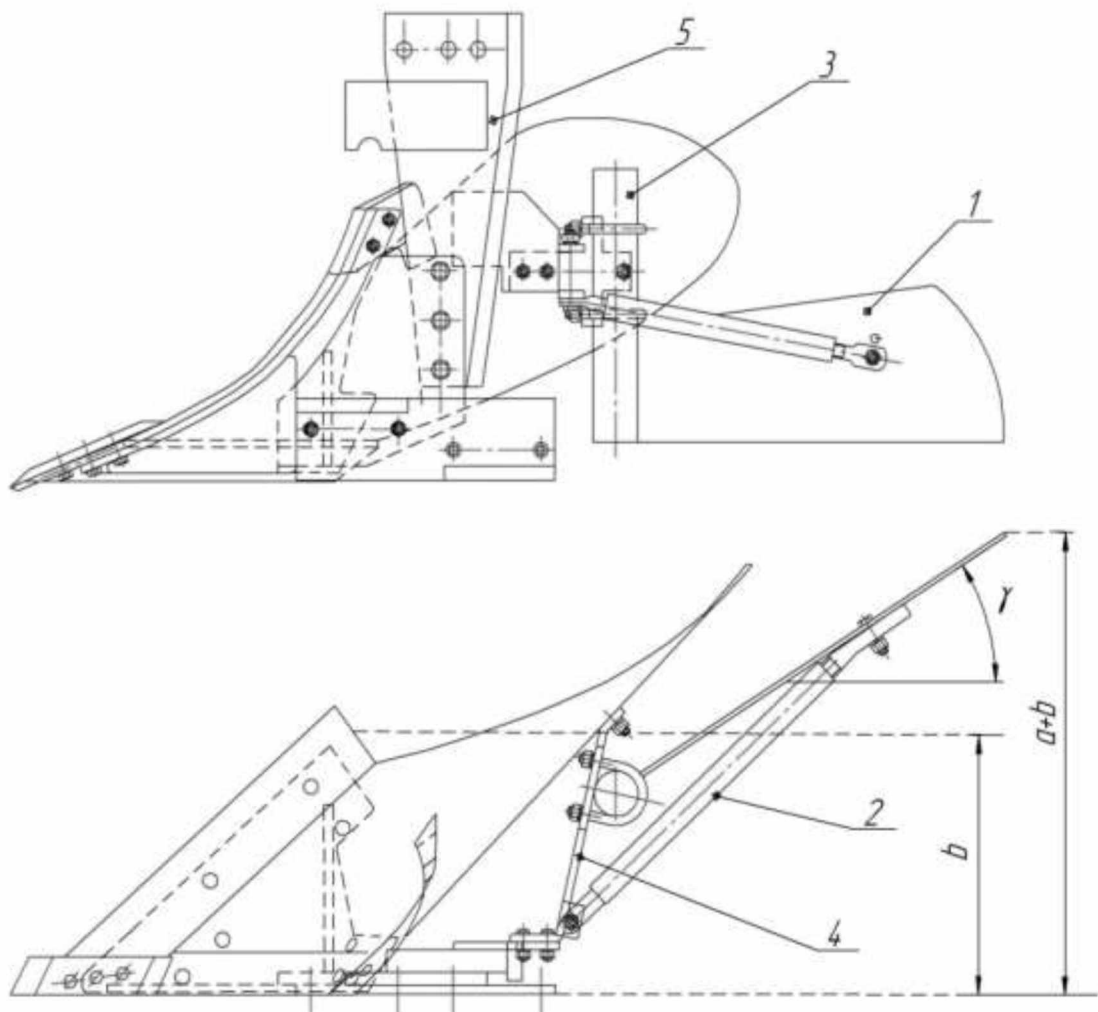


Рисунок 2.3 – Щиток макетного зразка плуга



1 – щиток; 2 – задній упор щитка; 3 – вісь повороту; 4 – задній упор відвалу; 5 – стійка робочого корпусу плуга

Рисунок 2.4 – Кріплення щитка до робочого корпусу

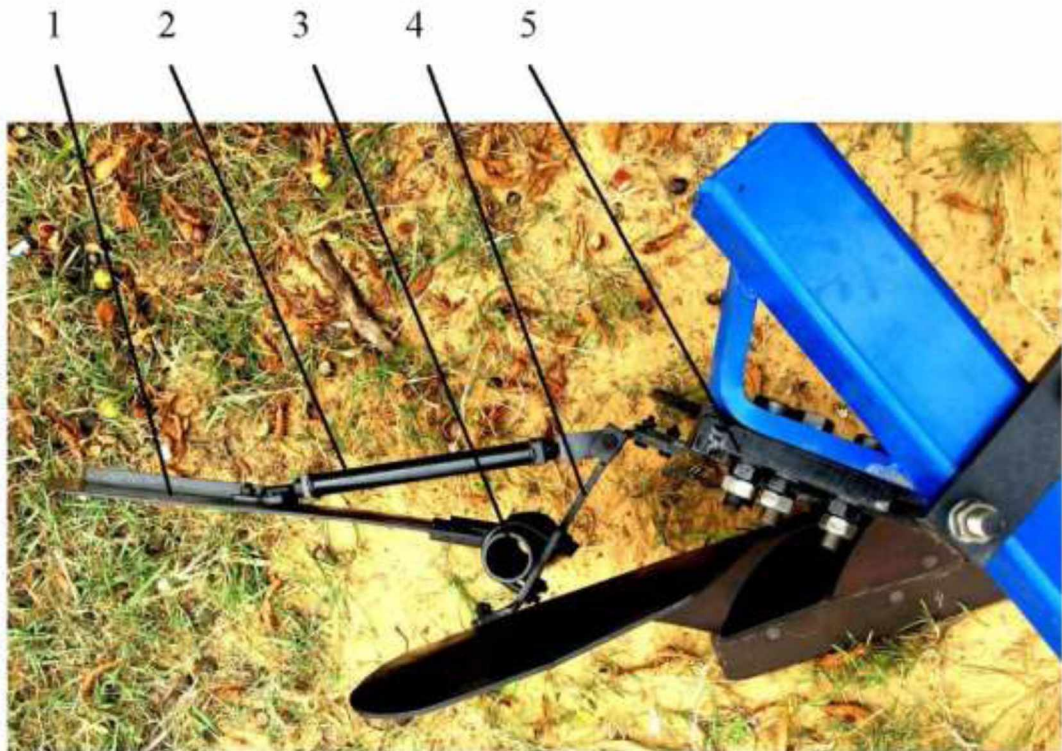


Рисунок 2.5 – Вид зверху на комбінований робочий корпус

Задня опора щитка і вісь повороту кріпляться до існуючого на плугах задньому упорі 4 відвалу, який в даній конструкції видозмінений і посилений. Все кріпиться до стойки 5 основного робочого корпусу.

2.3. Методика вимірювання якісних показників процесу оранки

Методика агрооцінки польових операцій, прийнята в дослідженнях, використовувалася при випробуванні навісного оборотного плуга [27]. При оранці чорного пару вологість ґрунту на глибині від нуля до 30 см змінювалася від 11 до 17% і твердість – від 0,13 до 0,94 МПа.

Досліди на стерні проводилися в умовах низької вологості ґрунту і, як наслідок, досить високої твердості. Умови випробувань: трактор МТЗ-82.1, плуг ПН-3-35, фон поля – пар і стерня амаранту, глибина оранки варіювалася від 18 до 26 см, швидкість руху – від 1,33 до 2,20 м/с, вологість і твердість ґрунту на глибині від нуля до 30 см змінювалася відповідно від 8 до 15% і від 0,32 до 0,97 МПа [28].

Об'єктом дослідження був трьохкорпусний навісний плуг ПН-3-35 без передплужників в експериментальній комплектації (макетний зразок) з трьома вертикальними щитками (див. рис. 2.2). Порівняння показників якості оранки проводилося при роботі в тих же умовах агрегату зі знятими щитками.

Мета дослідів – перевірити працездатність конструкції, визначити кут перевероту пластів, гребенястість зораної поверхні, ширину борозни, закладення стерні.

Густота пожнивних залишків і ступінь їх закладення в ґрунт вимірювалися підрахунком числа стебел всередині рамки розмірами 0,5x0,5 м, накладеної на поле у випадковому місці з трьома повтореннями. У розпадаючих пластах їх кут перевероту можна визначити лише орієнтовно по положенню найбільших брил. Він вимірюється як кут нахилу скошеного боку у борозни. Якщо перед проходом плуга увіткнути вертикально в ґрунт вішки довжиною, рівній глибині оранки, то після проходження плуга можна оцінити їх кут перевероту.

Гребенястість поораної поверхні, виміряна в поперечному напрямку, характеризується висотою залишених гребенів або брил. Цей показник вимірювався відносною величиною подовження ламаної лінії, що копіює гребені, в порівнянні з відстанню між початком і кінцем вимірювань [28]. Гребенястість обробленої поверхні оцінювали вимірюванням подовження шнура при копіюванні рельєфу поверхні ґрунту. Для цього на вимірювальному майданчику забивали кілочок і прив'язували до нього шнур з мірною стрічкою на кінці. Шнур натягували поперек напрямку обробки і на відстані 10 м забивали другий кілочок. Якщо довжина натягнутого шнура між кілочками дорівнювала 10 м, то при звільненні шнура його довжина між кілочками збільшувалася внаслідок копіювання нерівностей поверхні ріллі. Подовження шнура визначали по мірній стрічці. Відношення подовження шнура (см) до базисної довжини його (м) дає відсоток гребенястості ріллі. Відсоток гребенястості умовно переводиться в бальну оцінку: <5,0 – «5»

(відмінно); 5,0-10,0 – «4» (добре); 10,1-15,0 – «3» (задовільно); 15,1-20,0 – «2» (погано); 20,0 – 1 (дуже погано).

Висновки

1. Приведена програма випробувань макетного зразка на оранці культивованого пару та на стерньовому фоні, а також його здатності збільшувати вільний простір борозни.

2. Запропонована конструкція макетного зразка плуга ПН-3-35 з обладнанням його додатковими поворотними щитками для забезпечення повного перевороту пласта ґрунту та розширення борозни.

3. Приведено методику вимірювання якісних показників процесу оранки з метою перевірити працездатність конструкції, визначити кут перевороту пластів, гребенястість зораної поверхні, ширину борозни, закладення стерні. Порівняння показників якості оранки проводилося при роботі в тих же умовах агрегату зі знятими щитками.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ3.1. Технологічна ефективність способів збільшення кута обороту
пластів

За вимогами агротехніки до якості оранки, закладення рослинних залишків, а головне, і осипаного насіння бур'янів, повинна бути глибше 10...12 см. Така глибина вважається недоступною для проростання, проростки гинуть на півдорозі до денної поверхні, а плуг здобуває почесне звання у хліборобів санітара полів. Це особливо важливо в якості противаги застосування гербіцидів і різко відрізняє плуг від всіх інших ґрунтообробних знарядь [29].

Однак, кінематика перевертання пластів така, що вони заважають один одному і лягають на дно борозни з неповним кутом перевертання. До 180° залишається кут δ , який залежить за виразом (1.1) від розміру сторін оброблюваного пласта. Ця залежність впливає зі схеми обороту пласта за методикою Н.В. Щучкіна (рис. 3.1).

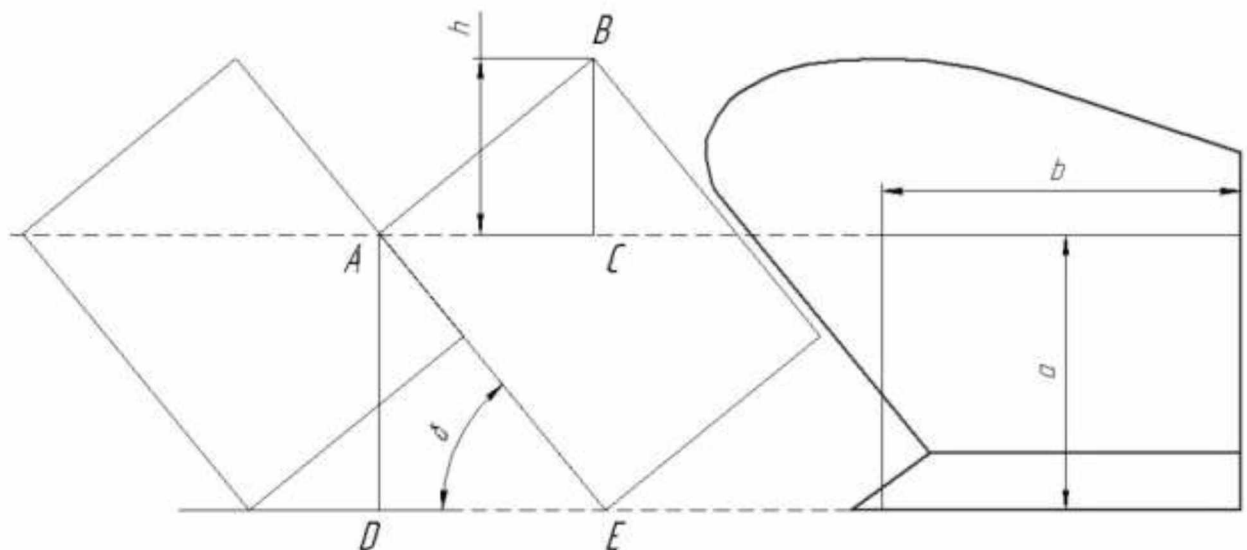


Рисунок 3.1 – Схема обороту пласта за методикою Н.В. Щучкіна

Якщо глибина оранки дорівнює a , а ширина пласта дорівнює b , то з трикутника ADE очевидно $\sin \delta = a / b$, а висота гребнів після оранки:

$$h = a \cdot \sin(90^\circ - \delta). \quad (3.1)$$

Варіюючи глибиною обробки при заданій ширині пласта, отримаємо графічну залежність кута обороту $\omega = \pi - \delta$ (рис. 3.2).

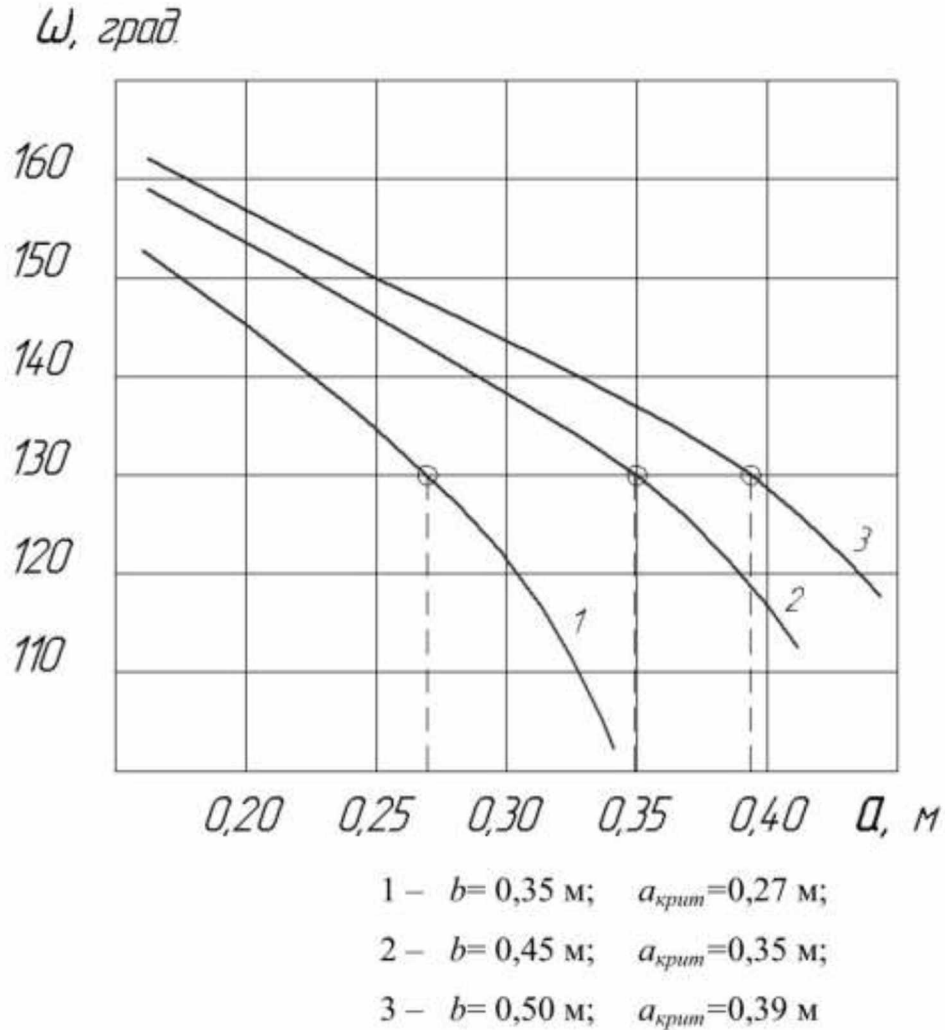


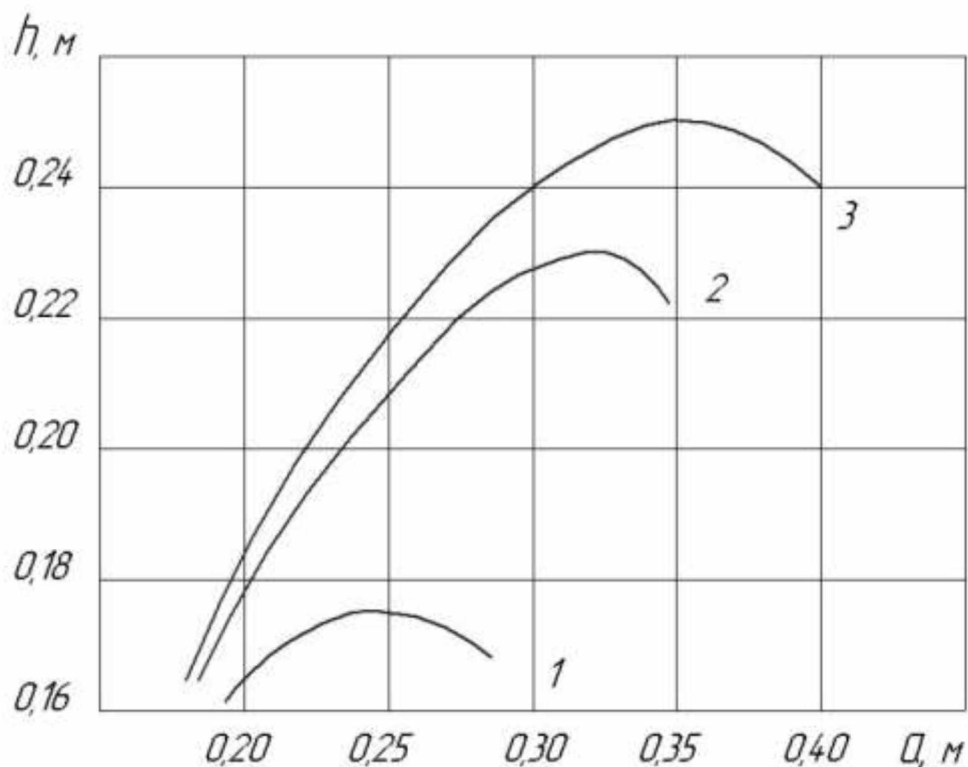
Рисунок 3.2 – Залежність кута обороту пласта від глибини оранки при різній ширині захвату робочого корпусу

З умови стійкості перевернутого пласта відомо, що відношення k ширини захвату корпусу до глибини обробки повинно бути більше 1,27, тобто для кожної ширини захвату корпусу є критична глибина оранки $a_{\text{крит}} = b/1,27$, при якій перевернутий пласт нестійкий. Графік на рис. 3.2 показує, що критичній глибині оранки завжди відповідає кут обороту пласта 130° при будь-якій ширині захвату корпусу. А оскільки орати слід на глибину

менше критичної, то перевагу мають широкі пласти. Припустимо, при $a = 0,2$ м пласт шириною $0,35$ м обертається на 145° , пласт шириною $0,45$ м – на 154° і пласт $0,5$ м – на 157° .

Ширина захвату корпусу плуга в переважній більшості моделей варіює від $0,2$ до $0,5$ м, тому максимальне значення кута обороту пласта можна досягти цим способом $\omega = 157^\circ$.

За рівнянням (3.1) можна простежити, як впливають параметри a і b пласта на висоту гребенів після оранки і як вона відповідає агротехнічним вимогам (рис. 3.3).



1 – $b = 0,35$ м; $a_{\text{крит}} = 0,27$ м;

2 – $b = 0,45$ м; $a_{\text{крит}} = 0,35$ м;

3 – $b = 0,50$ м; $a_{\text{крит}} = 0,39$ м

Рисунок 3.3 – Залежність висоти гребенів від глибини оранки при різній ширині захвату робочого корпусу

В реальності піки гребенів трохи нижче через розпушування пластів, але розпушування залежить від стану ґрунту і не завжди ефективно. За

агровимогами до оранки [30], висота гребенів не повинна перевищувати 7 см, однак проведений теоретичний аналіз доводить, що при глибині оранки 20-32 см цей показник недосяжний без додаткової поверхневої обробки.

У придушенні бур'янів при оранці беруть участь два фактори – безпосереднє знищення вегетуючих бур'янів та закладання їх насіння на недоступну для проростання глибину, рівну або більше 12 см. Розглянемо можливість досить глибокого закладення при перевероті пластів (рис. 3.4). Якщо насіння бур'янів розташовуються по лінії CD , яка до оранки була частиною поверхні поля, то зійти зможуть тільки ті з них, які розташовуються на глибині менше $l_{min} = 12$ см. Точка F знаходиться там, де відрізок FG дорівнює 12 см, отже, насіння розташовані на відрізку FC зійдуть, а на відрізку FD – ні.

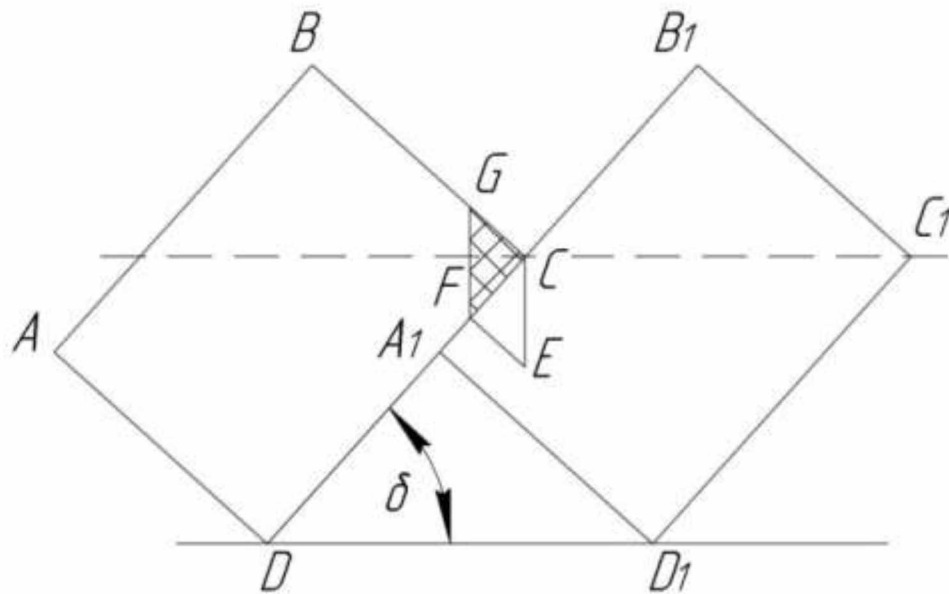


Рисунок 3.4 – Сприятлива зона для схожості бур'янів

Відношення відрізків FC до CD є частиною поля зі сприятливою зоною для схожості бур'янів, його можна назвати коефіцієнтом виживання бур'янів, позначивши μ .

З трикутника FGC слідує $CF = FG \cdot \sin \delta$, а сторона $CD = b$, тому:

$$\mu = \frac{l_{min} \cdot \sin \delta}{b}, \quad (3.2)$$

де μ – коефіцієнт виживання бур'янів, або частина поля з недостатньою глибиною закладення їх насіння; l_{min} – мінімально необхідна глибина загортання насіння бур'янів для їх придушення; δ – кут нахилу пластів до горизонту; b – ширина захвату робочого корпусу плуга.

Маючи на увазі рівність (1.1), можна записати вираз (3.2) у вигляді:

$$\mu = \frac{l_{min} \cdot a}{b^2}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт виживання бур'янів, що характеризується виразом (3.3), є новим терміном, введеним нами для оцінки якості оранки. Графічно ця залежність для глибини обробки $a = 26$ см представлена на рис. 3.5.

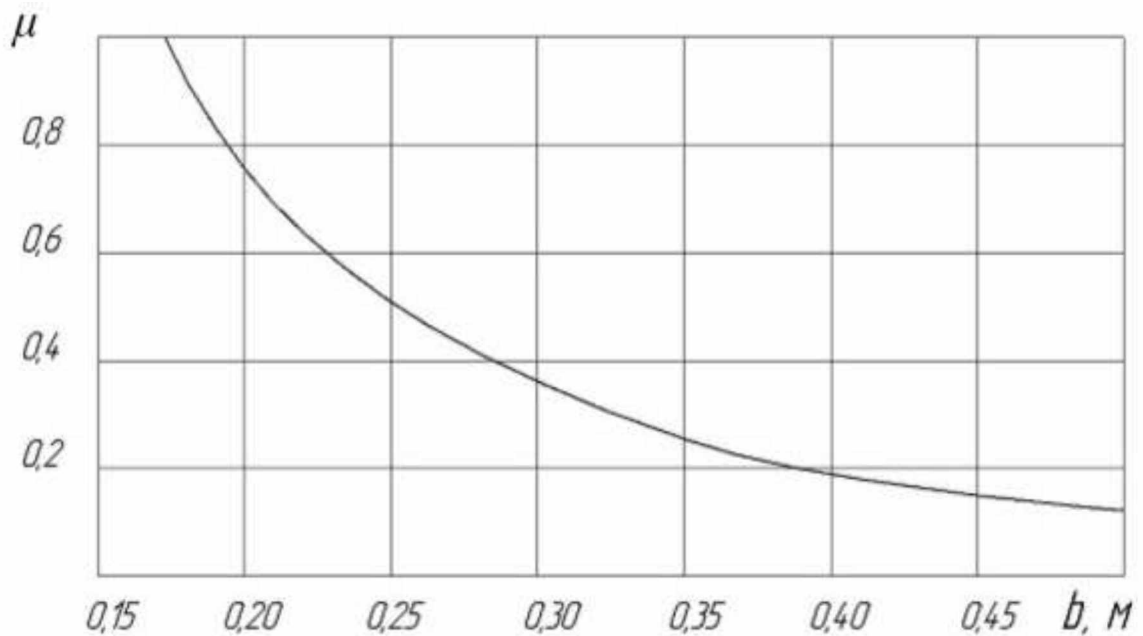


Рисунок 3.5 – Вплив ширини пласта на коефіцієнт виживання бур'янів після оранки

При ширині захвату робочого корпусу $b = 35$ см слід очікувати, що після оранки бур'яни зійдуть на 25% площі поля, а при ширині корпусу $b = 45$ см засміченою виявиться 15% площі. Графік показує, що подальше збільшення ширини захвату робочого корпусу продовжує зменшувати виживання бур'янів, але заради цього збільшувати ширину більше 45 см недоцільно, тим більше, що в посушливі періоди спостерігаються дуже великі брили, вивернуті при оранці.

Двофакторна аналітична залежність коефіцієнта виживання бур'янів (за виразом (3.3)), показана у вигляді карти ліній рівня (рис. 3.6), свідчить про більший вплив ширини захвату корпусу, ніж глибини оранки. Найнебезпечнішим для бур'янів є лівий верхній кут карти.

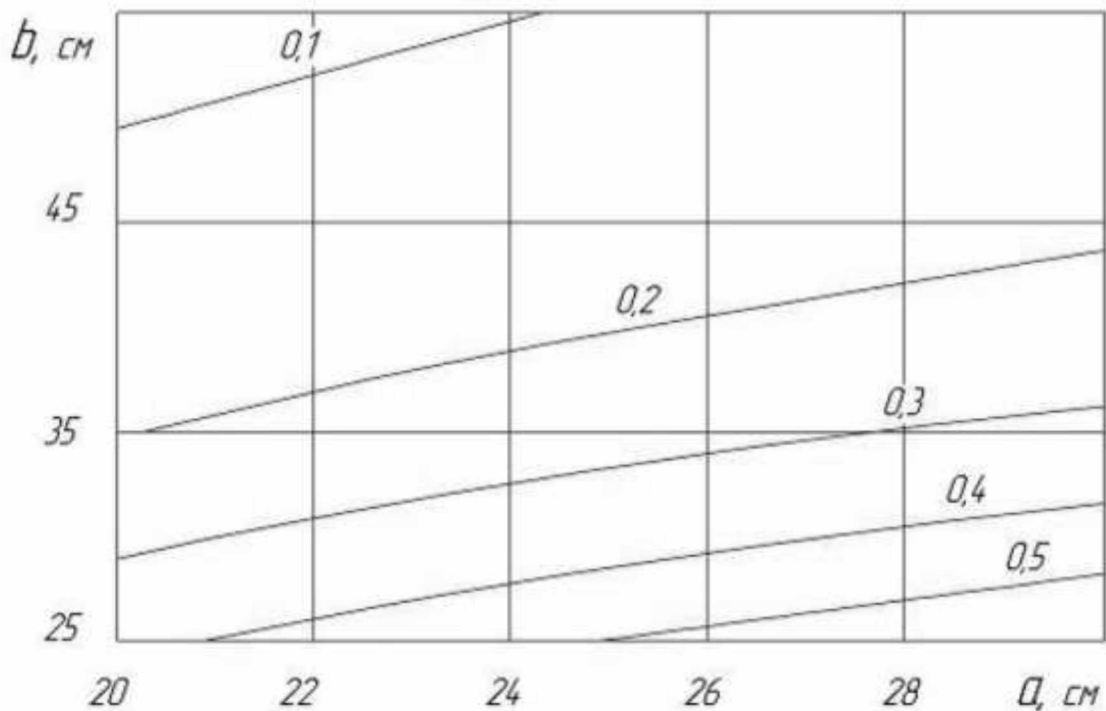


Рисунок 3.6 – Карта ліній рівня коефіцієнта виживання бур'янів в залежності від глибини оранки і ширини пласта

При роботі з передплужниками укладання шарів щільніше [24], і кут їх нахилу $\delta_1 < \delta$. Видно, що вся зона недостатньо глибокого закладення насіння зрізана передплужником і скинута на дно борозни, що значно впливає на коефіцієнт виживання бур'янів. Однак в реальному перебігу процесу перевороту пластів підрізана передплужником частина розпадається і переміщується на відвалі з іншою частиною пласта, і не все насіння бур'янів виявляється заробленим глибоко. Що стосується гребенистості поля, то вона все одно не вкладається в агровимоги, так як навіть за найсприятливіших умов (по рис. 3.3), коли $a = 0,24$ м, $b = 0,35$ м з параметром $a_1 = 0,1$ м отримуємо $h = 0,13$ м замість необхідних за агротехніці $h < 0,07$ м. З цих теоретичних міркувань про вплив розмірів поперечного перерізу пласта і

наявності передплужників на кутовий поворот орного шару, придушення бур'янів і висоту гребенів стає очевидним, що варіацією цих налагоджувальних параметрів процесу оранки можна тільки поліпшити якість роботи плуга, але задовольнити агрономи неможливо.

3.2. Обґрунтування способу та технічного рішення для розширення борозни шляхом зсуву частини пласта

Кінематика перевертання пласта по Н.В. Щучкіну показує, що чисто теоретично зберігаючий свою прямокутну форму пласт міг би перевернутися повністю без всяких перешкод, якби найперший з них був перевернутий повністю. Однак при першому робочому проході плуга такої можливості немає, і усталений процес почнеться не відразу. Спочатку треба відсунути в сторону досить значну частину попереднього шару, що нависає над відкритою борозною, після чого розчищення борозни буде значно легшим, усуваючи лише обсипаний ґрунт.

Розглянемо теоретичну можливість зсуву частини пласта при несталому режимі під час першого проходу слідом за звичайним плугом [31]. Процес перевертання ґрунту зручно простежити на вигляді робочих корпусів спереду (рис. 3.7).

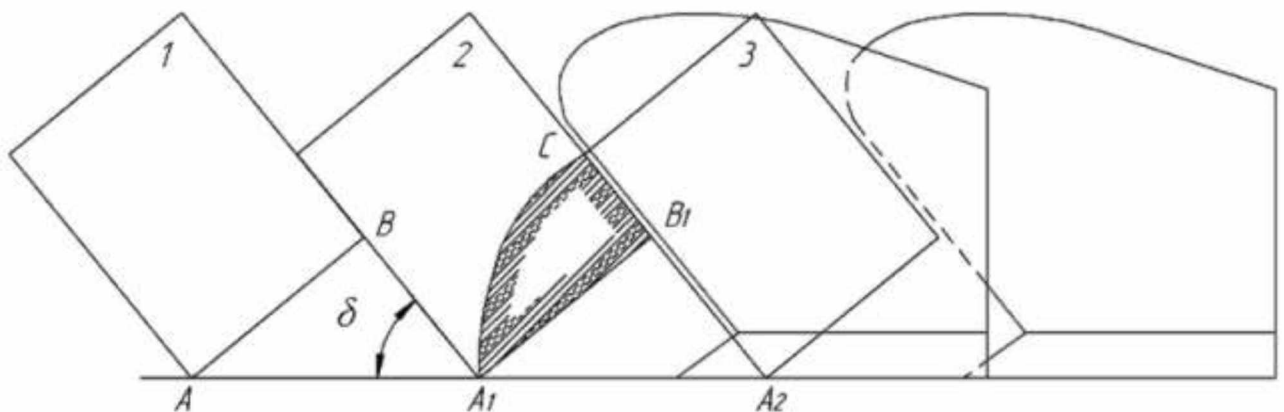


Рисунок 3.7 – Схема до розрахунку максимального обсягу ґрунту, який зсувається щитком

Пласт 1 був укладений при попередньому проході іншим плугом зі звичайним процесом оранки. Передній корпус дослідного плуга укладає пласт 2, і його заштрихована частина A_1B_1C заважає подальшому пласту 3 завершити повний переворот. Цю частину пласта можна відсунути вертикальним щитком, встановленим на плузі. Щиток, установлений за переднім корпусом, повинен зрушити цю частину пласта в порожній простір ABA_1 . Тоді пласт 3 перевернеться повністю, і всім наступним щиткам випадає дуже мало роботи з розчищення борозни. Щоб зсунутий ґрунт міг розміститися в просторі ABA_1 , площа заштрихованої фігури повинна бути менша або дорівнювати площі трикутника ABA_1 . Відповідно до кінематики перевороту пластів, відрізок AA_1 дорівнює ширині захвату корпусу b , відрізок AB – це глибина оранки a . Тоді площа трикутника ABA_1 визначається за виразом:

$$S = 0,5 \cdot a \sqrt{b^2 - a^2}, \quad (3.4)$$

а площа фігури A_1B_1C можна обчислити як різницю між площею сектора A_1A_2C і трикутника $A_1A_2B_1$, тобто $A_1B_1C = A_1A_2C - A_1A_2B_1$.

Площа сектора A_1A_2C :

$$S_1 = \frac{\pi \cdot b^2 \cdot \delta}{2\pi} = 0,5b^2 \cdot \arcsin \frac{a}{b}, \quad (3.5)$$

і площа фігури A_1B_1C :

$$S_2 = 0,5 \left(b^2 \cdot \arcsin \frac{a}{b} - a \sqrt{b^2 - a^2} \right). \quad (3.6)$$

Достатність місця для розміщення зсунутого ґрунту можна позначити коефіцієнтом λ заповнення пустот – це відношення площі фігури A_1B_1C до площі трикутника ABA_1 :

$$\lambda = \frac{b^2 \cdot \arcsin \frac{a}{b} - a \sqrt{b^2 - a^2}}{a \sqrt{b^2 - a^2}}. \quad (3.7)$$

Графік залежності (3.7) коефіцієнта заповнення пустот від глибини оранки при ширині захвату робочого корпусу $b = 0,35$ м показаний на рис.3.8.

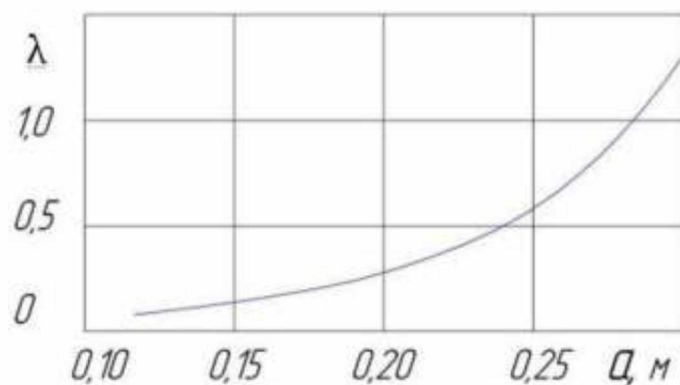


Рисунок 3.8 – Вплив глибини оранки на коефіцієнт заповнення пустот

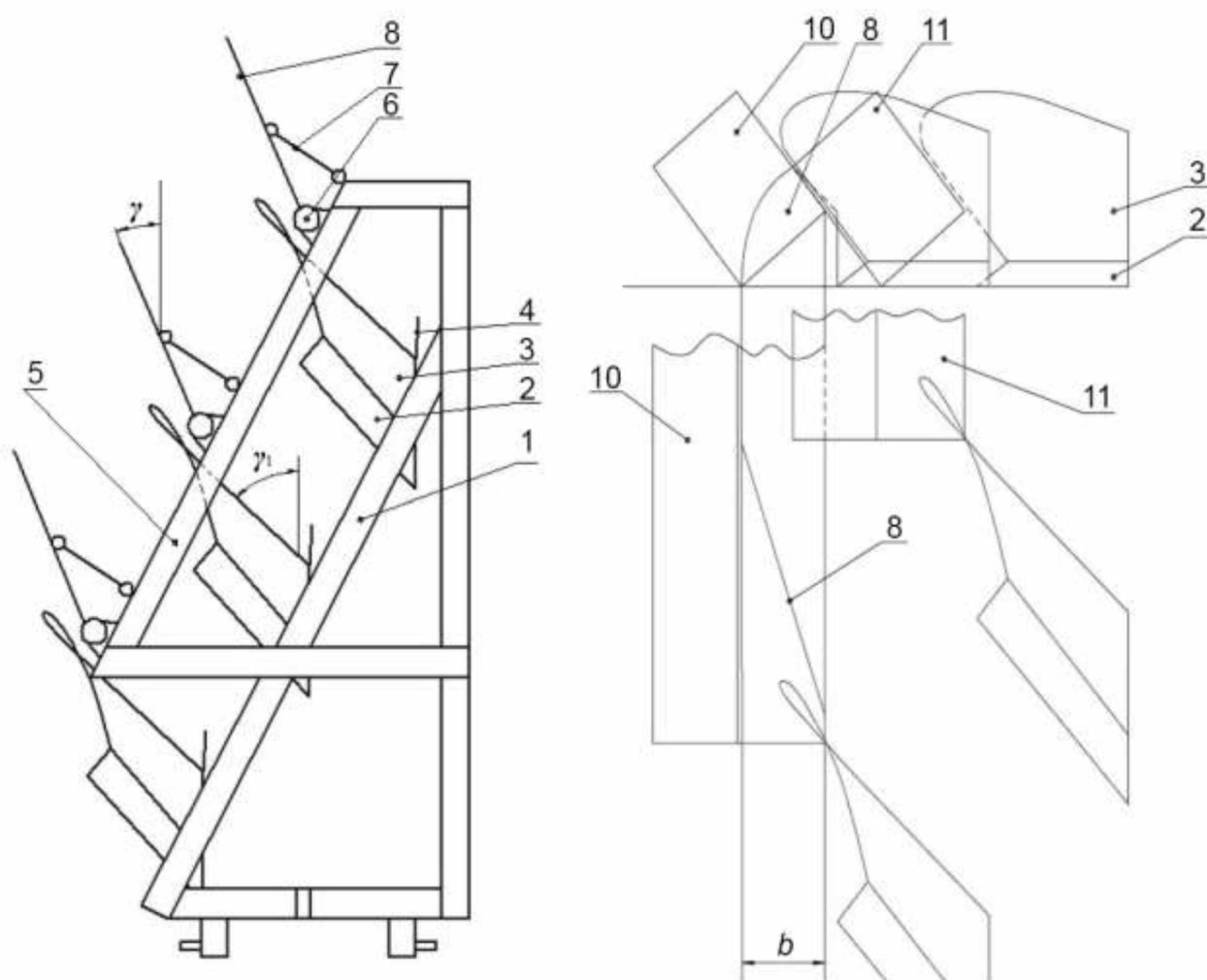


Рисунок 3.9 – Схема розташування щитків на рамі плуга

Графік показує, що зсув щитками нависаючої частини пласта для звільнення місця наступному пласту ґрунту доцільно виконувати при наявності достатнього об'єму пустот на дні борозни, тобто до коефіцієнта заповнення пустот $\lambda < 1$. При ширині захвату корпусу 0,35 м ця нерівність

справедлива до глибини оранки 0,28 м. Якщо потрібно більш глибока оранка з повним переверотом пластів, то ширина захвату робочих корпусів повинна бути збільшена. Таке технічне рішення представлено на рис. 3.9.

На головній балці 1 плуга розміщені лемішно-відвальні корпуси, кожен з яких має леміш 2, відвал 3 і польову дошку 4. До додаткової балки 5 за кожним корпусом плуга прикріплені стойки 6 і регульовані по довжині упорні штанги 7. На кожній стойці шарнірно закріплено щиток 8 з можливістю повороту навколо неї. Кут атаки γ у щитка менше, ніж відповідний кут γ_1 у відвалу.

При русі плуга в борозні він своїми лемішно-відвальними корпусами перекидає пласти ґрунту в сторону під дією кута зсуву γ_1 . Передній корпус формує пласт 10, наступний корпус формує пласт 11. Частина b пласта 10 заважає пласту 11 перевернутися на 180° і лягти на дно борозни. Щиток 8 відсуває її під дією свого кута атаки, звільняючи місце для пласта 11.

Таким чином, додаткові робочі органи у вигляді вертикальних щитків розширюють борозну перед безпосереднім укладанням чергового пласта і забезпечують йому умови для повного перевероту.

3.3. Визначення якісних показників оранки макетним зразком плуга

3.3.1 Оранка чорного пару

Для перевірки працездатності і агротехнічної оцінки макетного зразка плуга він був випробуваний в польових умовах. Умови проведення випробувань наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Умови проведення польових випробувань макетного зразка плуга на оранці чорного пара

Показники	Значення показників
1	2
Склад агрегату	МТЗ-82.1 + ПН-3-35 Е
Характеристика умов:	

Продовження табл. 3.1

1	2
- тип ґрунту і назва по механічному складу	Вилужений чорнозем
- рельєф	Рівний, нахил 1°
- мікрорельєф	Вирівняний
- попередник	Чорний пар
- вологість ґрунту, %	
в шарі 0 – 10 см	11
в шарі 10 – 20 см	13
в шарі 20 – 30 см	17
- твердість ґрунту, МПа	
в шарі 0 – 10 см	0,13
в шарі 10 – 20 см	0,71
в шарі 20 – 30 см	0,94
Маса рослинних і поживних решток, г/м ³	0
Температура повітря, град.	15

Для порівняння якісних показників зі звичайною оранкою на тому ж агрегаті знімалося пристосування для збільшення кута обороту, і зняряддя перетворювалося в звичайний навісний трьохкорпусний плуг. В обох варіантах роботи трактор рухався правими колесами у відкритій борозні. Налагоджувальні параметри обох агрегатів – глибина обробки і швидкість руху – підтримувалися на однаковому рівні. Отримані результати вимірювань наведені в табл. 3.2.

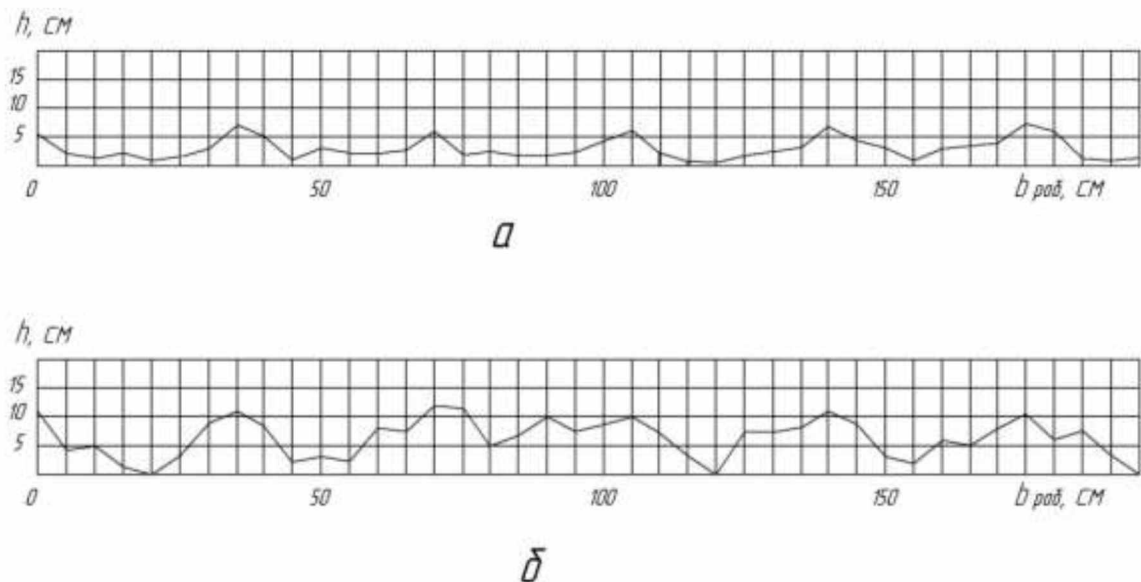
Таблиця 3.2 – Агротехнічна оцінка оранки макетним зразком плуга на фоні чорного пару

Найменування показників	Макетний зразок	Серійний плуг
1	2	3
Швидкість руху агрегату, м/с	1,67	1,69
Середня глибина обробки ґрунту, см	25,6	25,4
Середнє квадратичне відхилення, см	0,7	0,7
Коефіцієнт варіації, %	2,7	2,7
Гребенястість поверхні:		
- проценти	4,6	15,9
- бальна оцінка по СТО АИСТ 4.1-2010	«відмінно»	«погано»
Глибистість поверхні:		
- процент площі глиб більше 5 см	13,2	35,8
- бальна оцінка по СТО АИСТ 4.1-2010	«добре»	«дуже погано»

1	2	3
Кришення ґрунту: - проценти - бальна оцінка по СТО АИСТ4.1-2010	86,8 «добре»	64,2 «дуже погано»
Кут обороту пластів, град.	165-170	125-130
Середнє квадратичне відхилення, град.	6	6
Коефіцієнт варіації, %	3,6	4,7
Середня похибка дослід, град.	1,1	1,1
Показник точності дослід, %	0,65	0,86

Гребенястість поверхні перевірялася методом накладення шнура впоперек напрямку руху агрегату (стандарт СТО АИСТ 4.1 - 2010) і шляхом зняття профілограми координатною лінійкою. Профілограми наведені на рис. 3.10.

Зменшена гребенястість поверхні поля при оранці макетним зразком пояснюється тим, що щитки не тільки розширюють борозну для кращого обороту ґрунту, але і додатково впливають на пласти, згладжуючи їх вершини. Це позитивний ефект, так як полегшується подальша обробка поверхневого шару при доведенні його до посівних кондицій.



а – макетний зразок; б – серійний плуг

Рисунок 3.10 – Профілограми поверхні поля після оранки

Глибистість поверхні значно зменшилася порівняно з оранкою без щитків через додатковий вплив на пласти після їх перевероту. Оскільки

показники глибистості і кришення в сумі складають 100%, то зі зменшенням одного показника збільшується другий, і в результаті виявилось, що дослідний зразок плуга краще кришить злежалі грудки.

При оранці чорного пара кут обороту пласта проглядається дуже неявно через повне розпушення обертаючих шарів ґрунту. Протягом усього літа пар підтримувався в пухкому стані, особливо в його поверхневому горизонті, ніякої рослинності не було, тому зв'язність ґрунту була недостатньою для утримання прямокутної форми перетину пластів. Такий малозв'язаний ґрунт сповзав з відвалу і формувався насип з певним кутом скоса стінки борозни. Цей насип порушувався в сторону щитками пристосування, і кут скосу змінювався, ніколи не доходючи до розгорнутого кута 180° .

Вплив глибини оранки на кутовий поворот пластів при роботі дослідного зразка плуга вивчався при швидкості руху агрегату 1,67 м/с. В результаті вимірювань виявилось, що зі збільшенням глибини обробки кут обороту пластів слабо зменшується (табл. 3.3), і цю залежність можна вважати лінійною (рис. 3.11).

Таблиця 3.3 – Вплив глибини оранки на оборот пластів (чорний пар)

Глибина оранки, см	18,0	20,0	23,0	25,6
Середнє значення кута обороту пластів, град.	173	172	169	166

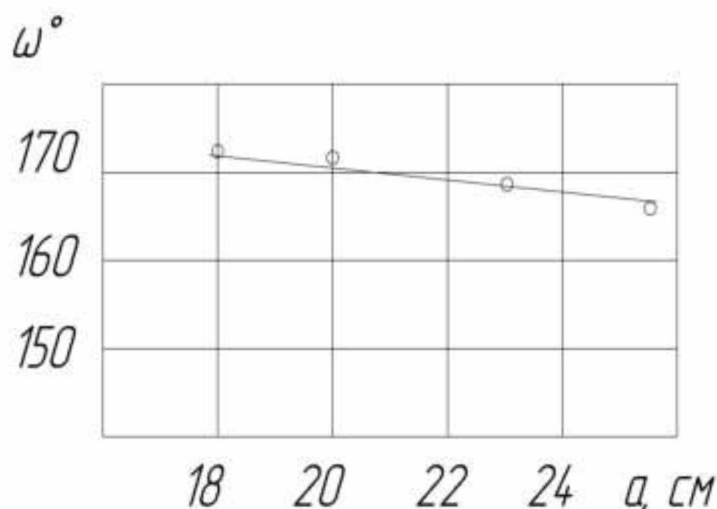


Рисунок 3.11 – Вплив глибини оранки макетним зразком плуга на кутовий поворот пластів (чорний пар, експериментальні дані)

Додатковий вплив на пласти щитами завершує їх подрібнення, і зі збільшенням глибини оранки просто збільшується об'єм перевернутого ґрунту, висота гребенів збільшується. Разом з цим збільшується крутизна укосу борозни, що і реєструється як зменшення кута обороту пласта.

За результатами дослідів виявилось, що швидкість руху агрегату сприяє перевероту пластів (табл. 3.4, рис. 3.12).

Таблиця 3.4 – Вплив швидкості руху на оборот пластів (чорний пар)

Швидкість руху агрегату, м/с	1,38	1,67	1,84	2,04	2,20
Середнє значення кута обороту пластів, град.	165	167	167	170	172

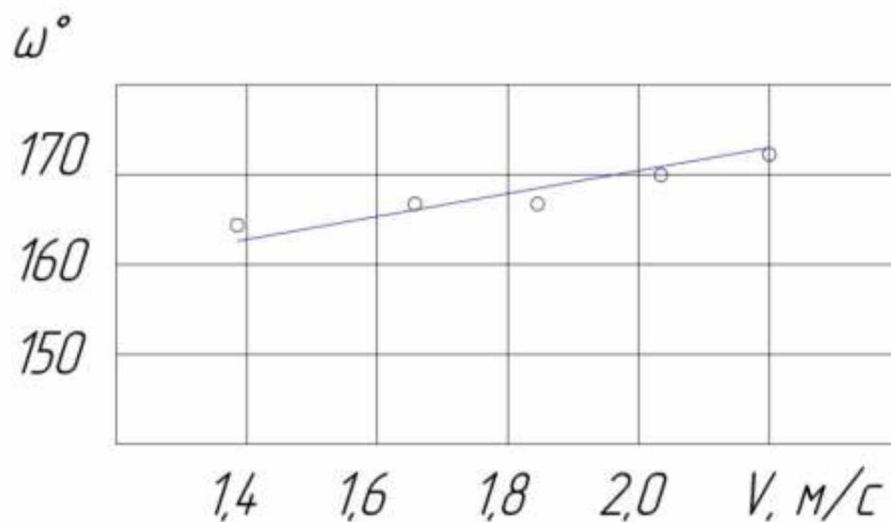


Рисунок 3.12 – Вплив швидкості руху макетного зразка плуга на кутовий поворот пластів (чорний пар)

Зі збільшенням швидкості руху зростає кінетична енергія відкидання пластів в сторону, вони повністю руйнуються, і поверхня зораного поля нівелюється повністю [27]. Це відбувається і на звичайних плугах. На макетному зразку плуга дію щитів посилює вирівнювання поверхні ґрунту, і при збільшенні швидкості кути відкосів у борозен стають менш крутими, що за методикою стандарту вважається збільшенням кута обороту пластів.

3.3.2 Оранка по стерньовому фоні

На відміну від чорного пара, стерньовий фон має набагато більшу твердість поверхневого шару і меншу вологість. Умови проведення випробувань на стерні наведені в табл. 3.5. На цьому полі визначалися все ті ж показники, що і при оранці чорного пара (табл. 3.6).

Таблиця 3.5 – Умови проведення польових випробувань плуга на стерньовому фоні

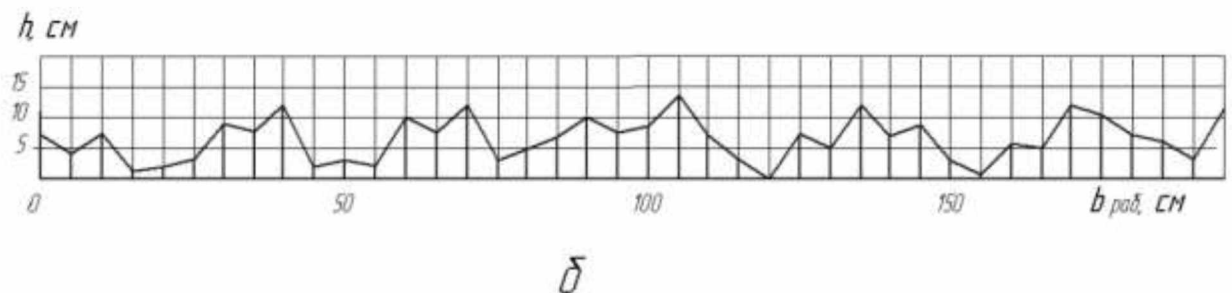
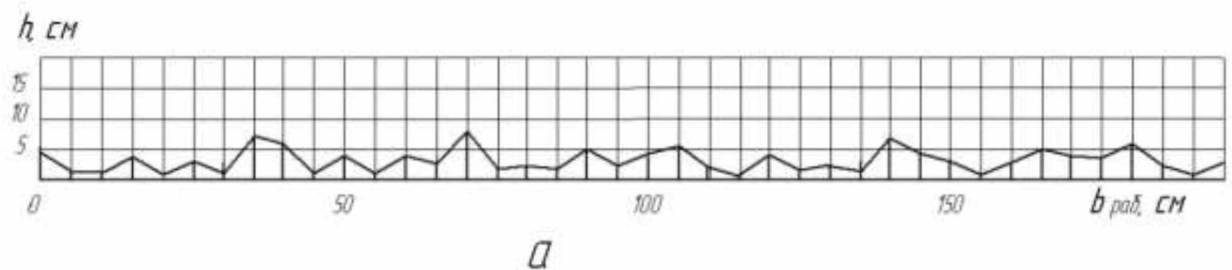
Показники	Значення показників
Склад агрегату	МТЗ-82.1 + ПН-3-35 Е
Характеристика умов:	Вилужений чорнозем Рівний, нахил 1° Вирівняний Соя
- тип ґрунту і назва по механічному складу	
- рельєф	
- мікрорельєф	
- попередник	
- вологість ґрунту, %	
в шарі 0 – 10 см	8
в шарі 10 – 20 см	12
в шарі 20 – 30 см	15
- твердість ґрунту, МПа	
в шарі 0 – 10 см	0,32
в шарі 10 – 20 см	0,88
в шарі 20 – 30 см	0,97
Маса рослинних і поживних решток, г/м ³	147
Висота поживних залишків, см	15
Густина поживних решток, шт./м ²	260
Температура повітря, град.	11

У порівнянні з попереднім досвідом гребенястість зораної поверхні збільшилася через меншу вологість і підвищену твердість ґрунту (рис 3.13). Але і тут проявилася згладжувальна роль щитків, які додатково розбивали грудки і вирівнювали поверхню.

Глибистість поверхні теж зменшилася в порівнянні з оранкою без щитків через додатковий вплив на пласти після їх перевероту. Відповідно покращився показник кришення ґрунту.

Таблиця 3.6 – Агротехнічна оцінка оранки макетним зразком плуга на фоні стерні сої

Найменування показників	Макетний зразок	Серійний плуг
Швидкість руху агрегату, м/с	1,70	1,70
Середня глибина обробки ґрунту, см	24,5	24,5
Середнє квадратичне відхилення, см	0,6	0,6
Коефіцієнт варіації, %	2,4	2,4
Гребенястість поверхні: - проценти - бальна оцінка по СТО АИСТ 4.1-2010	5,3 «добре»	17,0 «погано»
Глибистість поверхні: - процент площі глиб більше 5 см - бальна оцінка по СТО АИСТ 4.1-2010	17,3 «задовільно»	46,2 «дуже погано»
Кришення ґрунту: - проценти - бальна оцінка по СТО АИСТ4.1-2010	82,7 «добре»	53,8 «дуже погано»
Кут обороту пластів, град.	160-180	120-140
Середнє квадратичне відхилення, град.	7,1	7,0
Коефіцієнт варіації, %	4,2	5,4
Середня похибка дослід, град.	1,3	1,3
Показник точності дослід, %	0,76	1,0
Заробка в ґрунт стерні та інших решток, %	98	56



а – макетний зразок; б – серійний плуг

Рисунок 3.13 – Профілограми поверхні поля після оранки на стерньовому фоні

Кут обороту пластів при оранці сухішого і щільнішого ґрунту має більший розкид, так як окремі брили часто займають довільне положення. У макетного зразка плуга середнє значення кута обороту 170° , середнє квадратичне відхилення $7,1^\circ$.

Глибина обробки мало впливає на кут обороту пластів при оранці плуга зі щитами. Ця залежність вивчалася при швидкості руху агрегату $1,70$ м/с (табл. 3.7). Через велику глибистість збільшився розкид результатів вимірювань при загальній тенденції до зменшення кута (рис. 3.14).

Таблиця 3.7 – Вплив глибини оранки на оборот пластів (стерньовий фон)

Глибина оранки, см	16,8	18,7	22,4	24,9
Середнє значення кута обороту пластів, град.	178	177	162	172

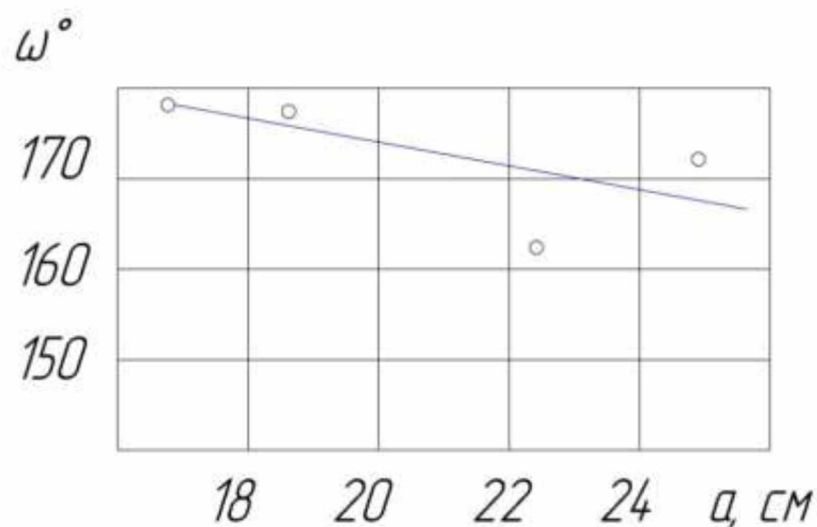


Рисунок 3.13 – Вплив глибини оранки макетним зразком плуга на кутовий поворот пластів (стерньовий фон, експериментальні дані)

Як і на фоні чорного пара, при роботі на стерні швидкість руху агрегату сприятливо впливає на переверт орного шару ґрунту, хоча і незначно в межах випробуваних швидкостей від $1,3$ до $2,2$ м/с (табл. 3.8, рис 3.14).

Таблиця 3.8 – Вплив швидкості руху на оборот пластів (стерньовий фон)

Швидкість руху агрегату, м/с	1,32	1,70	1,98	2,18
Середнє значення кута обороту пластів, град.	160	173	165	177

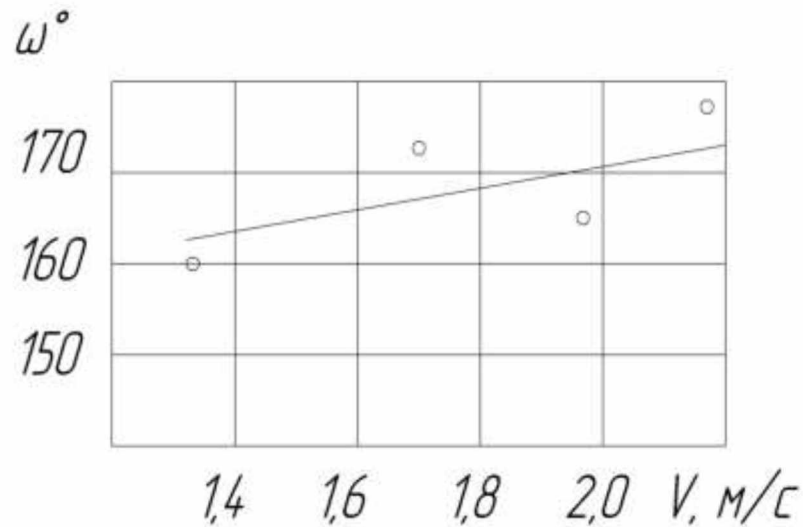


Рисунок 3.14 – Вплив швидкості руху макетного зразка плуга на кутовий поворот пластів (стерньовий фон, експериментальні дані)



1 – стерня сої; 2 – оранка без щитків; 3 – оранка зі щитками

Рисунок 3.15 – Вид зораної поверхні після проходів плуга без щитків і з щитками

Збільшення кута обороту пластів макетним зразком плуга в порівнянні зі звичайною оранкою особливо наочно проявилось в закладенні рослинних залишків і стерні в ґрунт. При постановці щитків на плуг практично повний оборот пластів забезпечував закриття ґрунтом 98% рослинних решток (рис. 3.15).

Висновки

1. При оранці без передплужників мінімально допустимий кут обороту пласта за умовою його стійкості дорівнює 130° незалежно від ширини захвату робочого корпусу. Максимальний кут обороту залежить від ширини пласта b і глибини оранки a . При $b = 0,50$ м і $a = 0,27$ м він досягає 148° . Висота гребенів варіює від 0,17 до 0,23 м і не відповідає агро вимогам.

2. Встановлено, що при оранці чорного пара досягнуто кут обороту пластів $165-172^\circ$ в порівнянні з $125-130^\circ$ в контрольному варіанті. Гребенястість поверхні зменшилася з 15,9 до 4,6%, глибистість – з 35,8 до 13,2%, подрібнення ґрунту покращилося з 64,2 до 86,8%.

3. Під час оранки по стерньовому фону показники дослідного зразка плуга виявилися теж краще контрольного: кут обороту пластів $160-180^\circ$ проти $120-140^\circ$, гребенястість зменшилася з 17,0 до 5,3%, глибистість – з 46,2 до 17,3%, подрібнення ґрунту покращилося з 53,8 до 82,7%. Закладення в ґрунт стерні і рослинних залишків покращилося достатньо суттєво – з 56 до 98%.

4. Глибина оранки та швидкість руху агрегату впливають на кут обороту пластів так само, як і з теоретичних уявлень для звичайної оранки: зростання глибини оранки знижує, а швидкість збільшує кут обороту.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна експертиза в Україні – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітленні у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.).

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України, представники науково-дослідних, проектно-конструкторських, інших установ та організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проектів.

Реалізація програм, проектів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що зацікавлені у реалізації проектних рішень або експлуатують відповідний об'єкт.

Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою зацікавлених юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка здійснюється Міністерством екології та природних ресурсів України разом із Міністерством охорони здоров'я України.

Об'єктом даної екологічної експертизи є досліджувана технологія покращення якості основної обробки ґрунту шляхом вдосконалення робочих органів, а саме встановлення на корпусах лемішно-відвальних плугів додаткових щитків для збільшення кута перевертання пласта ґрунту та збільшення ширини борозни, що покращує зароблення насіння бур'янів.

При ремонті і відновленні деталей автотракторних двигунів основними факторами, що впливають на оточуюче середовище є:

- металевий пил, що утворюється при обробці деталей на токарних, шліфувальних, хонінгувальних верстатах;
- різноманітні хімічні речовини та їх розчини, що використовуються при відновленні деталей шляхом нанесення покриттів;
- ПММ та продукти їх згорання, що утворюються під час обкатки двигунів;
- шум та вібрація при роботі металообробних верстатів, обкатувальних стендів та ін.

Доведено перевагу пропонованого процесу обороту ґрунтових пластів, що відрізняється від існуючих збільшеним кутом обороту за рахунок постановки додаткових щитків, що розширюють дно борозни; визначені раціональні конструктивні параметри додаткових щитків, що розширюють борозну. Запропоновано спосіб покращення якості основної обробки ґрунту шляхом вдосконалення робочих органів за рахунок розробки конструкції лемішно-відвального плуга з додатковими щитками для збільшення кута обороту пластів та розширення борозни.

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.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як наука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

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.

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.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Висновки щодо підвищення стану охорони праці

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 захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

За домінуючий позитивний фактор в економічному розрахунку приймемо зменшення числа польових операцій для досягнення стану поля, що задовольняє агротехнічним вимогам до основного обробітку ґрунту. У цих вимогах зазначено, що розміри поперечного перерізу пластів повинні бути однаковими, а їх оборот – повним і з якісним закладенням бур'янів, стерні та внесених на поверхню поля добрив (не менше 95%). Поверхня ріллі повинна бути злитий, а при зяблевій оранці – злегка гребнистою. Необхідно, щоб орний агрегат рухався прямолінійно і не залишав огріхів. Висота звального гребеня – не більше 70 мм, а глибина розвальної борозни – не більше половини глибини оранки.

Глибистість, тобто сумарна площа, що зайнята грудками розміром більше 10 см, допускається не більше 15% від площі ріллі. Гребенястість і

глибистість також можуть вимірюватися в процентному відношенні зайнятої поверхні [2, 3, 13]. Оцінка досягнутих показників приведена в табл. 3.2, 3.6.

При оранці на глибину 26 см плугом з шириною захвату 1,4 м опір ґрунту може бути розрахований за виразом:

$$R = k_0 \cdot a \cdot B, \text{ Н} \quad (5.1)$$

де R – опір ґрунту, Н;

k_0 – питомий опір плуга, Н/см², можна прийняти в середньому $k_0 = 8$ Н/см² [32];

a – глибина обробки, см;

B – ширина захвату плуга, см.

Опір плуга дорівнює $R = 29,12$ кН. З урахуванням втрат на буксування коліс (10%) і на к.к.д. трансмісії (5%) дотична сила тяги ведучих коліс трактора повинна становити 32,26 кН. При потужності двигуна $N = 96$ кВт та рекомендованої завантаженні двигуна на 90% [25] трактор може розвивати швидкість 2,67 м/с, або 9,6 км/год.

За дослідними даними, пристосування для збільшення кута обороту пластів на чотирьохкорпусному плузі додає опір ґрунту ΔR . Скориставшись виразом при $a = 26$ см, $l = 0,30$ м, $f = 0,55$ і $f' = 0,95$, $\psi = 11$ кН/м³, $\gamma = 25^\circ$, маємо $\Delta R = 343$ Н. Тоді опір агрегату дорівнює $R_l = 29,46$ кН, дотична сила тяги 34,66 кН і раціональна швидкість руху агрегату 2,49 м/с, або 8,9 км/год.

Продуктивність орного агрегату за годину змінного часу обчислена за виразом:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot \tau, \quad (5.2)$$

де W – годинна продуктивність агрегату, га/год;

B – робоча ширина захвату, $B = 1,4$ м;

V – робоча швидкість руху, км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу, на оранці приймається $\tau = 0,9$.

Швидкість руху агрегату розраховується по номінальному завантаженні двигуна (90% потужності двигуна по паспорту) із застосуванням формули (5.1).

У проектного агрегату продуктивність дорівнює 1,12 га/год, а у базового – 1,21 га/год. Годинну витрату палива приймаємо однаковою для обох агрегатів, так як у них один і той же трактор і він однаково навантажений на 90% своєї потужності. За паспортними даними, питома витрата палива $g_e = 226$ г/кВт·год при номінальній потужності $N_e = 96$ кВт. Годинна витрата палива при номінальному завантаженні становить $G_T = 21,7$ кг/год, а при завантаженні трактора на 90% – $G_T = 19,5$ кг/год.

У розрахунку допускається, що агрегат експлуатується протягом 9 років, і щороку тривалість експлуатації плуга становить 500 годин, а трактора – 1600 годин.

Результати економічного розрахунку зведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники економічної ефективності чотирьохкорпусного навісного плуга з пристосуванням для збільшення кута обороту пластів

Показники	Значення показників
Строк експлуатації проекту, років	9
Інвестиційні вкладення, тис. грн.	42,50
Річний економічний ефект, тис. грн.	25,20
Економічний ефект за строк реалізації проекту, тис. грн.	372,30
Ціна попиту на комплекс ресурсів для реалізації проекту, тис. грн.	134,20
Коефіцієнт ефективності вкладень	0,27
Строк окупності, років	2,0

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія покращення якості основного обробітку ґрунту шляхом вдосконалення робочих органів є безпечною для навколишнього середовища.

Виконано аналізу умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

В результаті скорочення відмов шатунних підшипників знижена собівартість перевезень на 0,22%, а простоїв в ТО і Р на 3,64%.

Річний економічний ефект при впровадженні розробок склав 372 тис.грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Збільшення кута обороту пластів за рахунок збільшення ширини захвату корпусу і застосування передплужників має свої межі, які не задовольняють агровимогам до оранки по стану поверхні поля і закладенні рослинних залишків та насіння бур'янів. Теоретично максимальний кут обороту не доходить до 150° , а висота гребенів перевищує необхідні 7 см і варіює від 17 до 23 см. Неповний оборот пластів створює умови для схожості 25% бур'янів з обсіпаних на поверхню поля насіння.

2. Застосування обороту пласта з попередніми розширенням борозни пропонованим пристосуванням до відвальних плугів при оранці по чорному пару і по стерньовому фоні забезпечило кут обороту пластів $165-180^\circ$, гребенястість поверхні 4,6-5,3%, глибистість 13,2-17,3%, закладення рослинних залишків 98-99%, що по бальній оцінці оцінюється на «добре» і «відмінно». Плуг без пристосування показав кут обороту пластів $125-140^\circ$, гребенястість 15,9-17,0%, глибистість 35,8-46,2%, що оцінюється на «погано» і «дуже погано».

3. Глибина оранки та швидкість руху агрегату впливають на кут обороту пластів так само, як і з теоретичних уявлень для звичайної оранки: по чорному пару і по стерні зростання глибини оранки від 16,8 до 25,0 см знижує кут обороту з 178 до 166° , а збільшення швидкості руху агрегату з 1,3 до 2,2 м/с збільшує кут обороту з 160 до 177° .

4. При обраному варіанті поверхневого обробітку річна економія від застосування проектного плуга становить 25,2 тис. грн. Економічний ефект за 9-річний термін реалізації проекту становить 372 тис. грн., і термін окупності інвестиційних вкладень становить два роки.