

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр" на тему:

**Ефективність обробітку ґрунту шляхом обґрунтування
конструктивно-технологічних параметрів чизельно-полицевого
робочого органу**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-4-24
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Танцюра Михайло Юрійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Ігнатенко Ольга Сергіївна

Дніпро, 2025

1. Тема. Мета і задачі досліджень. 2. Аналіз конструкцій технічних засобів. 3. Результати досліджень. 4. Економічні показники. 5. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
2	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
3	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
4	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
5	Теслюк Г. В., завідувач кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз способів обробітку ґрунту	до 15. 09.2025	виконав
2	Обґрунтування технології	до 25. 09.2025	виконав
3	Теоретичні основи	до 28. 10.2025	виконав
4	Охорона праці	до 10. 11.2025	виконав
5	Економічна ефективність	до 21. 11.2025	виконав
6	Демонстраційна частина	до 02. 12.2025	виконав

Студент

_____ Танцюра М.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Теслюк Г. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Танцюра М.Ю. Ефективність обробітку ґрунту шляхом обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів чизельно-полицевого робочого органу / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У роботі проведено всебічний огляд сучасних способів основного обробітку ґрунту, що застосовуються у вітчизняному та зарубіжному землеробстві, а також методів стабілізації тягових навантажень на сільськогосподарські машини та знаряддя. Особливу увагу приділено аналізу технологічних прийомів, спрямованих на зниження енергоємності процесів обробітку, покращення структури ґрунту та підвищення продуктивності роботи машинно-тракторних агрегатів.

Обґрунтовано технологічний процес основного обробітку ґрунту із використанням чизельно-полицевого робочого органу, який поєднує переваги глибокого розпушування з частковим оборотом пласта. Теоретично досліджено процес стабілізації тягових навантажень чизельно-полицевого робочого органу в поздовжньо-горизонтальній площині. Встановлено основні закономірності взаємодії робочого органу з ґрунтом, вплив геометричних параметрів і швидкісних режимів на зміну тягового опору.

Окремий розділ присвячено розробленню й обґрунтуванню комплексу заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Проведено оцінку економічної ефективності основного обробітку ґрунту агрегатом у складі чизельно-полицевого робочого органу.

Ключові слова: основний обробіток ґрунту, чизельно-полицевий робочий орган, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЯГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН	9
1.1 Аналіз способів основного обробітку ґрунту, с.-г. машин	9
1.2 Аналіз способів стабілізації тягових навантажень сільськогосподарських знарядь.....	14
Висновок по розділу	20
2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЧИЗЕЛЬНО-ПОЛИЦЕВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ	21
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми чизельно- полицевого робочого органу для основного обробітку ґрунту.....	21
2.2 Розроблення технології і організації оранки агрегатом на основі трактора ХТЗ-160 в складі чизельно-полицевого с.-г. знаряддя.....	25
Висновок по розділу	33
3 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТЯГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЧИЗЕЛЬНО-ПОЛИЦЕВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ	34
Висновки по розділу	40
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1 Організація умов охорони праці при використанні запропонованої машини.....	41
4.2 Норми і правила виконання робіт при обробітку ґрунту.....	44
4.3 Охорона праці при комплектуванні та використанні чизельно- полицевого знаряддя для обробітку ґрунту.....	45
4.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	46
Висновок по розділу	48

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОГО ЧИЗЕЛЬНО-ПОЛИЦЕВОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ.....	49
Висновки по розділу.....	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Основний обробіток ґрунту є однією з найзатратніших за енергією операцій у технології вирощування сільськогосподарських культур. Сучасні підходи до його виконання спрямовані на скорочення енергоспоживання під час польових робіт та на покращення структури й властивостей родючого шару ґрунту. Тому дослідження, що стосуються удосконалення конструкції та режимів роботи ґрунтообробних машин і агрегатів, завжди були важливими й залишаються актуальними нині. Це пов'язано з постійною необхідністю підвищувати ефективність обробітку ґрунту, зменшувати витрати енергії та забезпечувати стабільне отримання високих урожаїв.

Одним із ключових завдань, що потребують розв'язання під час проведення основного обробітку ґрунту, є те, що ґрунтообробні знаряддя та сам процес обробітку, навіть у межах одного регіону, вимагають не лише удосконалення, а й обов'язкової адаптації до конкретних польових умов. Тому, на нашу думку, одним із першочергових наукових напрямів має бути розроблення комплексу знарядь, які б забезпечували максимально динамічну врівноваженість під час роботи.

Більшість сучасних серійних конструкцій робочих органів ґрунтообробних машин проєктували з урахуванням їх експлуатації під дією тягового зусилля трактора. Для стабілізації тягового навантаження в таких машинах зазвичай застосовують різні компенсувальні елементи. Наприклад, у полицевих плугів цю функцію виконує польова дошка. Однак у техніці, що працює за мостовою схемою, подібні конструктивні рішення виявляються малоефективними, адже вони підвищують тяговий опір і, відповідно, збільшують навантаження на несучі елементи агрегату.

Досягти максимальної врівноваженості тягових навантажень ґрунтообробного знаряддя можна шляхом застосування додаткових ріжучих елементів, опір ґрунту яких під час різання компенсує дію сил, що виникають на інших робочих органах.

Існують також відомі приклади стабілізації тягових навантажень у сільськогосподарських знаряддях за рахунок зміни напрямку дії сил. Це реалізується шляхом коригування кутів встановлення ріжучих елементів, як, наприклад, у конструкції плуга-букера.

Саме тому обґрунтування технологічного процесу основного обробітку ґрунту та визначення оптимальної конструкції і параметрів ґрунтообробних знарядь залишаються важливою й актуальною науковою проблемою сучасного аграрного машинобудування.

Метою даних досліджень є підвищення ефективності роботи чизельно-полицевого робочого органу під час виконання основного обробітку ґрунту шляхом удосконалення його тягово-енергетичних характеристик.

Гіпотеза дослідження передбачає, що тягові навантаження в горизонтальній площині для чизельно-полицевого робочого органу, який не має польової дошки, можна стабілізувати шляхом зміни форми та взаємного розташування його елементів. Зокрема, якщо виконати леміш у вигляді трикутного ріжучого елемента та зорієнтувати поперечні складові реакцій від нього і полиці у протилежних напрямках, це дасть змогу компенсувати бічні сили й забезпечити рівномірність тягового навантаження.

Щоб реалізувати поставлену мету, необхідно розв'язати такі основні задачі:

- розробити та обґрунтувати конструктивно-технологічну схему чизельно-полицевого робочого органу, призначеного для основного обробітку ґрунту;

- дослідити та систематизувати методи зменшення і врівноваження тягових навантажень у горизонтальній площині для робочих органів с.-г. знарядь;

- виконати теоретичний аналіз впливу параметрів лемеша на силу опору ґрунту під час різання.

Об'єкт досліджень. Динаміка роботи чизельно-полицевого робочого органу та його вплив на ґрунт.

1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ТА СТАБІЛІЗАЦІЇ ТЯГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

1.1 Аналіз способів основного обробітку ґрунту, с.-г. машин

До прийомів основного обробітку ґрунту відносять: оранку, луцення, культивуацію, боронування, шлейфування та прикочування. Оранка покращує фізичні властивості ґрунту, режим живлення ґрунту, життєдіяльність мікроорганізмів та очищує від шкідливих рослин. Вона буває відвальна та безвідвальна, що можна назвати глибоким розпушуванням. При відвальній обробці здійснюється обертання шару ґрунту, кришення, часткове перемішування ґрунту та підрізання шкідливих рослин [1].

Проводять оранку плугами які поділяють на плуги загального призначення та спеціальні. Першими обробляють головним чином староорні землі і поклади без кущів, а другими - торфовища, ґрунти в садах, при посадці кущів, зарослі кущами і лісом, кам'янисті та ін.

Більш за все розповсюджені тракторні лемішні плуги загального призначення. Головна частина плуга зветься корпусом. Плуг складається з лемешу, відвалу, стійки, пологої дошки. До робочих органів плугу відносять ніж, передплужник та ґрунтозаглиблювач. Лемеші бувають трапецеїдальні і долотоподібні. Перші використовують для оранки староорних земель, другі - важких і кам'янистих. Леміш підрізує пласт в горизонтальній площині, долаючи опір ґрунту, що становить близько 40% усіх тягових витрат при оранці.

Ступінь обертання шару ґрунту та його розпушування залежать від форми відвалу. Відвали у плугів бувають циліндричні, культурні, напівгвинтові та гвинтові (ПН – 4 – 35, ПН – 8 – 38, ПТК – 9 – 35, ПТК – 6/7 – 40).

Циліндричний відвал у плуга поставлений круто, а тому пласт, що підрізає, при підйомі по відвалу різко згинається, дає тріщини і при падінні кришиться. Під час оранки ґрунту плугом з циліндричним відвалом не буває повний оборота пласта, але відбувається задовільне його розпушування. Хорошу оранку дає цей відвал на окультурених землях. Культурний відвал відрізняється від циліндричного тільки більшою вгнутістю (верхній його частині). Він добре розпушує ґрунт і задовільно його відвалює. Плуги з культурними відвалами застосовують на легких ґрунтах і при підйомі трав'яного пласта.

Напівгвинтовий відвал займає проміжне положення між циліндричним і гвинтовим. Він добре обертає пласт і частково його кришить. Його використовують при оранці як староорних ґрунтів, так і засмічених з кущами. Сильно засмічений ґрунт орють плугом з гвинтовими відвалами. Пласт, що підрізає, піднімаючись по гвинтоподібної загорнутої площині, перевертається і укладається у борозну, не скришившись. Тому його необхідно додатково розпушувати. У виробництві широко поширені плуги з культурними відвалами і передплужниками, які використовують як для оранки староорних ґрунтів [2].

Для більш якісної обробки, подрібнення та розпушування ґрунтовідвальні плуги обладнують передплужниками та дисковими ножами [3]. Передплужник скидає на дно борозни верхню частину орного шару а нижня частина добре кришиться на відвалі плугу та засипає зкинутий в борозну ґрунт розпушену дрібнокомковату структуру.

Безполицева оранка здійснюється спеціальними плугами або звичайними з демонтованими відвалами. Але після обробки ґрунту плугами без відвалів більшість насіння шкідливих рослин залишається у верхньому шарі ґрунту та на поверхні. Стерня з шкідниками та збудниками хвороб рослин майже не обробляється, що сприяє їх розмноженню та поширенню. Цей вид оранки застосовують в зоні вітрової ерозії в комплексі з хімічними засобами боротьби зі шкідниками та збудниками хвороб рослин. В

Нідерландах сконструйовано роторний плуг, який за якістю роботи порівняний зі звичайним але є більш економічним при оранці яким витрачається палива в 3 рази менше ніж звичайними плугами. Теоретичними передумовами розробки ґрунтозахисного безплужного землеробства є: використання захисної ролі рослин та післяжнивних залишків, використання стерні та залишків для снігозатримання, мінімалізація обробки ґрунту, розробка системи знарядь для обробки та посіву без обертання шару ґрунту.

Плоскорізню обробку проводять культиваторами, плоскорізами та плоскорізами–глибокорозпушувачами на глибину від 8...10 до 27...30см (КПГ – 250, ПГ- 3-5). Головною особливістю обробки в тому, що при мінімальному розпушуванні на поверхні ґрунту залишається стерня та інші рослинні залишки. Її застосовують у степових і лісостепових районах ,тобто в умовах посушливого клімату, а також в зонах з кліматом недостатнього і нестійкого зволоження [6].

Неглибокий, або поверхневий, обробіток ґрунту на глибину до 10–12 см виконують за допомогою дискових знарядь на полях, призначених під посів озимих культур після непарових попередників. Її використовують як у районах із недостатнім або нестійким зволоженням, так і в регіонах із достатньою кількістю вологи.

Обробку ґрунту комбінованими агрегатами на малу глибину (до 6...10 см) здійснюють під озимину і ярові культури. Після непарових попередників вона дозволяє за один прохід агрегату підготувати ґрунт до посіву, створити дрібнокомкуватий шар. Її застосовують в зонах недостатнього, нестійкого і стійкого зволоження.

Обробіток важкосуглинкових і глинистих ґрунтів без обороту пласта виконують чизельними знаряддями на глибину 10–12 до 28–30 см, а за потреби — ще глибше. Такий спосіб переважно використовують у районах із стійким або надмірним зволоженням.

Обробку глибокорозпушувачами без обертання скиби ґрунту надмірно вологих поверхнево-гліївих ґрунтів проводять на вимочуваннях, на

ділянках з погано працюючим закритим дренажем. Глибина обробки 60...70 см. Її застосовують для відведення надмірних вод.

Щілювання — це вид обробітку ґрунту без перевертання пласта, який виконують на схилах за допомогою спеціальних щілювачів. Робочі органи розпушують ґрунт на глибину до 60 см, що сприяє затриманню талих і дощових вод. Часто цей прийом поєднують із мілким безполицевим обробітком. Щілювання широко використовують у районах із посушливим кліматом та нестійким або недостатнім зволоженням.

Фрезерування – обробка важких ґрунтів і полів з грубими поживними залишками (соняшник, кукурудза, сорго) за допомогою фрези. Вона приводить ґрунт в рихлий стан, дрібнить поживні залишки. Її виконують на глибину від 5...7 до 14...16 см і застосовують в зонах різного зволоження.

Кротування - обробка перезволоженого ґрунту за допомогою щільорізу-кротувателю. Її проводять на глибину до 70 см для відведення надмірної вологи. Застосовують в зонах надмірного зволоження.

Нульова обробка ґрунту - дія на ґрунти безпосередньо при сівбі культур, за допомогою сівалок-культиваторів і сівалок прямого посіву. При посіві у такий спосіб ґрунт залишається непорушеним. Її застосовують в посушливих зонах, зонах недостатнього, урівноваженого і надмірного зволоження.

Мінімальний обробіток ґрунту передбачає збереження його у незайманому стані протягом усього року з одночасним мульчуванням рослинними залишками. Для посіву виконують локальне розпушування по вузьких смугах шириною 3–5 см, у які висівають насіння. Цей метод застосовують у районах із нестійким або посушливим зволоженням.

Отже кожний з прийомів і робочих органів для основного обробітку має в своїй основі специфіку його застосування. Ці обставини створюють передумови для розробки нових робочих органів основного обробітку, які б могли використовуватись в новітніх системах обробітку ґрунту.

Застосування плугу та інших клиноподібних робочих органів тягової концепції з різанням пласту в горизонтальній площині призвело до інтенсивного руйнування родючого шару ґрунту, яке відбувається по декільком причинам. Необхідність приводити в дію клиноподібний орган з горизонтальним різанням через тягове зусилля потребує застосування важких тракторів ущільнюючих ґрунт на глибину більшу, ніж глибина ходу лемешу плугу, що сприяє утворенню переущільненого шару ґрунту, розташованого нижче за орний шар. Створення цього шару ускладнює розвиток кореневої системи та призводить до зниження врожайності с.-г. культур. Ущільнена ходовими системами важких машин ґрунт втрачає структуру яка не відновлюється лише проведенням розпушування. Структурні зміни у ґрунті спостерігаються також при буксуванні ведучих органів тракторів, особливо в областях зі зниженою вологістю ґрунту. Отже розпилення структурних часток ґрунту спостерігається внаслідок тертя між шаром ґрунту, що обробляється та поверхнею робочого органу/

Крім лемешно-полицевих плугів, плоскорезів-глубокорозпушувачів і фрез для основної обробки ґрунту в деяких випадках застосовують і інші знаряддя - ротаційні машини, зокрема лопаткові. Їхня класифікація досить повно освітлена в роботі [5]. Відповідно до цієї класифікації ротаційні машини (рис. 1.1) віднесені до плугів. У машин активної дії передача енергії від двигуна до робочих органів здійснюється через трансмісію, тяговий засіб необхідно лише для напрямку ходу машини. Створення порівняно невеликих тягових зусиль може бути здійснено легким трактором. Це зменшує навантаження на ґрунт, що зменшує негативний вплив на родючість і підвищує загальний КПД агрегату. Тобто, порівнянний результат роботи повинен досягатися при менших витратах енергії. При цьому машини активної дії будуть більше складними у виготовленні через більше складну форму робочих органів, організації більше складного їхнього руху і необхідності застосування спеціальної трансмісії.



Рисунок 1.1 - Класифікація машин і знарядь для основного обробітку ґрунту

1.2 Аналіз способів стабілізації тягових навантажень сільськогосподарських знарядь

Найпоширенішим процесом основного обробітку ґрунту до сьогодні залишається оранка за допомогою лемішно-полицевого плуга. Деякі ґрунтознавці небезпідставно вважають, що винахід плуга по значимості для людства можна зрівняти з винаходом колеса, і застосування плуга стало першою сходинкою до ери механізації сільськогосподарського виробництва [10]. Історія застосування плуга настільки ж древня, як і застосування перших удосконалених знарядь праці.

При великій розмаїтості конструкцій і призначення плугів, принцип їхньої дії залишається незмінним протягом всієї історії застосування: для розпушування ґрунту плуг необхідно тягти, опираючись на ґрунт і відштовхуючись від неї. Основою робочої поверхні полицевого плуга є клин,

про яке основоположник вітчизняної землеробської механіки, академік В.П. Горячкін [14]. Категоричність В. П. Горячкіна в тім, що крім клина не може існувати інших ґрунтообробних знарядь, можна пояснити тим, що в період становлення загальної теорії знарядь монопольним енергетичним засобом у рослинництві була робоча худоба, гуже тягло, що дозволяло здійснювати практично єдиний робочий рух – тягти знаряддя. Трактори тільки лише створювалися як заміна живого тягла механічним. При горизонтальному русі ґрунтообробної машини її робочі органи повинні були забезпечити різання, розпушення і досить складне переміщення шару для його обертання. Для цього клин виявився найпростішим і надійним механізмом. Класична загальна теорія знарядь В. П. Горячкіна прийнята за основу проектування ґрунтообробних машин і викладена практично у всіх вітчизняних підручниках по теорії ґрунтообробних машин.

Енергетичною проблемою плужної обробки, і взагалі обробки клинчастими робочими органами, варто вважати занадто низький КПД робочого органа, у якому до 50% підведеної механічної енергії витрачається на тертя між робочими поверхнями і ґрунтом [9]. В процесі тертя між шаром і поверхнею робочого органа мають місце не тільки втрати енергії, що супроводжуються зношуванням знаряддя, але ще відбувається руйнування мікроагрегатів ґрунту, наявність яких визначає її родючість. Відносна величина цих руйнувань у порівнянні з обсягом розпушеного шару незначна, що на фоні наявності запасу родючості мало відчутно. Але явище стирання мікроагрегатів безумовно сприяє загальній деградації ґрунтів [10].

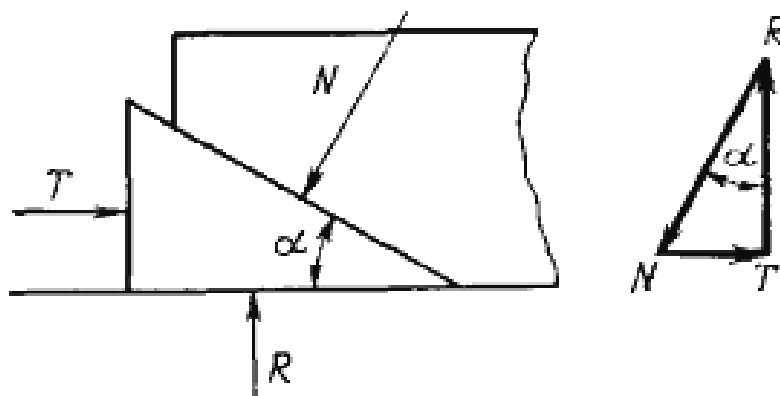


Рисунок 1.2 - Взаємодія клина із шаром і силовий трикутник

Основною відмінністю мостових машин є можливість відтворення будь-яких траєкторій руху робочих органів у будь-який час. Це визначає одну з важливих складові концепції робочих органів для мостового землеробства - застосування зонної (координатної) обробки протягом усього циклу вирощування культури, включаючи основну обробку ґрунту.

Відомі робочі органи для ґрунтообробки зазвичай проектувалися для мобільних агрегатів, і їх стабілізація забезпечувалася за рахунок введення компенсуючих елементів у конструкцію. Наприклад, у полицевому плузі такою деталлю є польова дошка. Проте при застосуванні в мостовому режимі (рис. 1.3) подібне рішення стає неприйнятним, оскільки створює додатковий тяговий опір і, як наслідок, підвищене навантаження на ферму. Тому необхідно розробляти конструкції, де елементи робочого органу самостійно компенсують взаємну невірноваженість.

Незважаючи на різні підходи та концепції ведення землеробства, обробіток ґрунту з оборотом шару найближчим часом залишатиметься поширеним, зокрема й у системах мостового землеробства. При цьому використання серійних робочих органів для таких завдань практично неможливе.

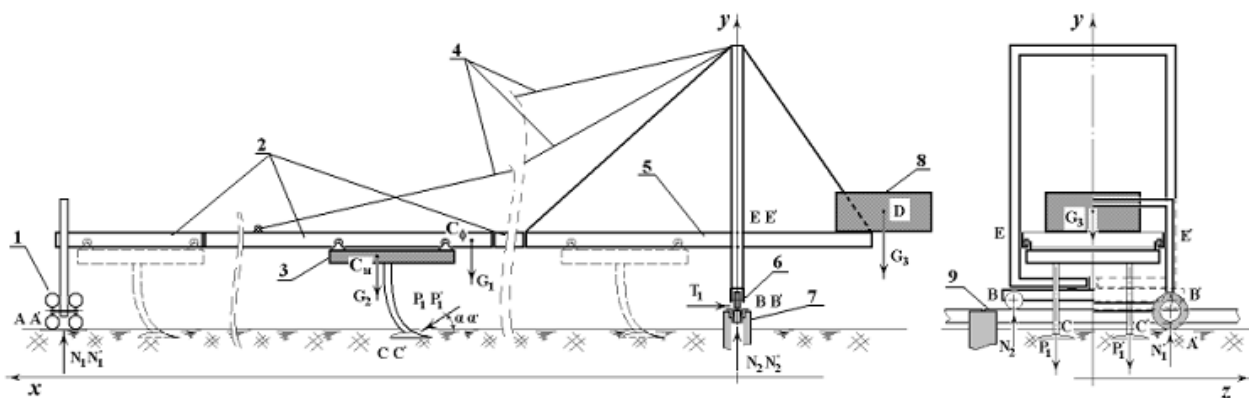
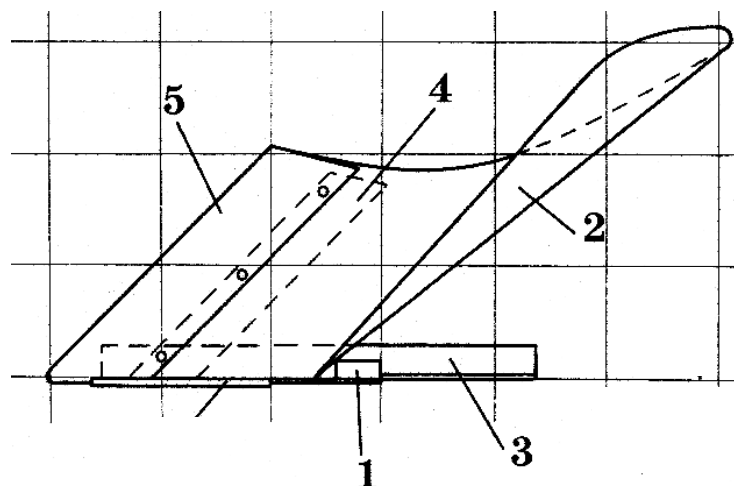


Рисунок 1.3 - Конструктивна схема одноконсольного агромоста [3]

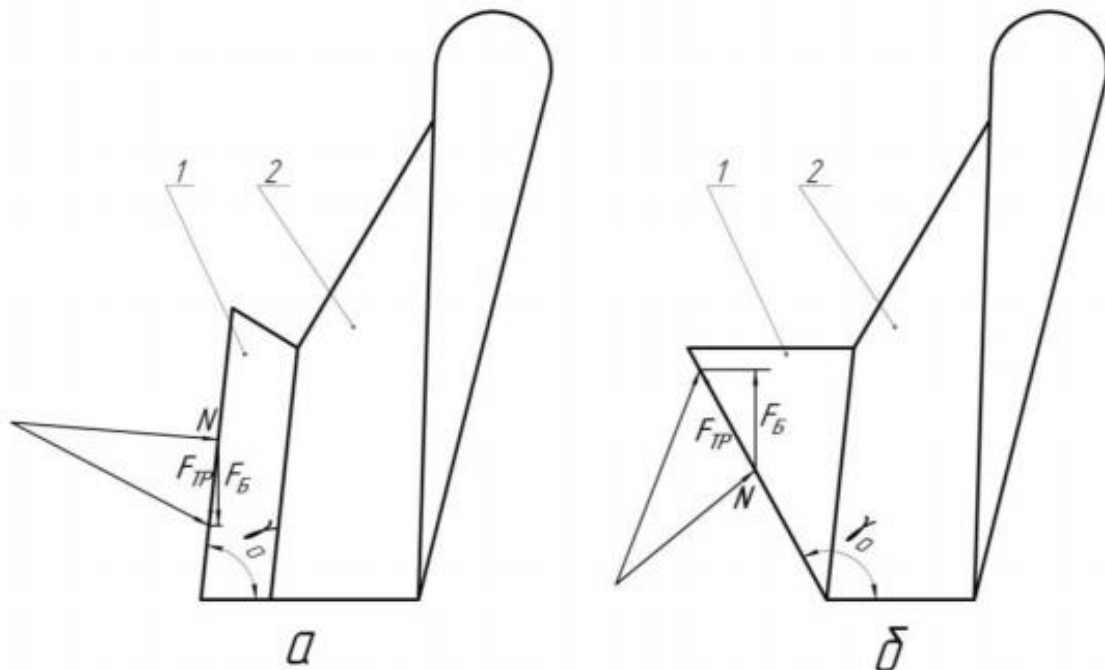
1 – підвіска (візок); 2 – частини ферми; 3 – каретка технологічного модуля з робочими органами; 4 – розтяжки (ванти); 5 – головна секція ферми; 6 – рухомий візок; 7 – опорна частина в ґрунті; 8 – балансувальний вантаж; 9 – рейкова колія.

Однією із проблем, яку потрібно вирішувати при виконанні основного обробітку ґрунту мостовими засобами механізації є те, що їх несуча ферма має доволі значну довжину і, в той же час, повинна сприймати всі реакції з боку робочих органів с.-г. знарядь. До того ж, природно зрозуміло, що ґрунтообробні знаряддя і обробіток ґрунту, навіть в межах одного регіону, потребує не тільки модернізації, але і адаптації до конкретних умов. В силу чого, першочерговою науковою задачею, на нашу думку, є створення низки знарядь максимально динамічно урівноважених і таких, що передають мінімальну реакцію опору на ферму мостової машини, як у повздовжній, так і у поперечній площинах.

Відомі конструкції серійних робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин розроблялися для роботи з тракторною тягою, а їх стабілізація тягових навантажень забезпечується за рахунок введення компенсуючих елементів у конструкцію. Наприклад, у полицевому плузі таким елементом є польова дошка (рис. 1.4). Однак для агрегатів, виконаних за мостовим принципом, таке рішення неприйнятне, оскільки воно створює додатковий тяговий опір і, відповідно, збільшує навантаження на ферму мостового агрегату.



допомагає компенсувати дію бокової сили за рахунок підвищення загального тягового опору. Водночас з точки зору зниження енергетичних витрат другий варіант конструкції виглядає більш перспективним.



а – «класичний» лемішно-полицевий корпус; б – плуг-букер;

1 – леміш; 2 – полиця

Рисунок 1.7 - Схема діючих сил на корпус плуга [16]

Відомо, що реакція опору корпусу плуга під час роботи формується за рахунок двох складових: опору ґрунту при різанні лемішем і переміщення підрізаного шару полицею [18]. У класичному лемішно-відвальному плузі розташування леміша і полиці під кутом до напрямку руху створює поперечну складову реакції опору F_B , спрямовану до стінки борозни (рис. 1.7а) [19]. Постає питання: якщо поперечні складові реакцій леміша і полиці спрямувати в протилежні сторони, то теоретично можна обійтися без польової дошки. Така компенсація можлива в ідеальному випадку, якщо леміш виконати у вигляді трикутного робочого органу, при якому поперечні реакції леміша і полиці спрямовані у протилежні напрямки (рис. 1.7б) [15].

Висновок по розділу

Знизити енерговитрати під час роботи чизельно-полицевого робочого органу для основного обробітку ґрунту можна, якщо замість польової дошки застосувати леміш трикутної форми. У такому випадку поперечні складові реакцій від лемеша та полиці мають протилежні напрями. Для забезпечення стабільної роботи та рівномірного тягового навантаження в поздовжньо-горизонтальній площині необхідно, щоб сума моментів сил опору різанню ґрунту відносно стояка дорівнювала нулю.

2 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОНАННЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЧИЗЕЛЬНО- ПОЛИЦЕВОГО РОБОЧОГО ОРґАНУ

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми чизельно-полицевого робочого органу для основного обробітку ґрунту

Розвиток сучасної системи основного обробітку ґрунту спрямовано на скорочення витрат на виконання польових робіт, ефективної роботи машинно-тракторного парку, поліпшення якісних показників ґрунту. Ґрунтообробні машини, оснащені робочими органами чизельного типу, застосовуються в різноманітних кліматичних зонах, зокрема в умовах сухого та зрошуваного землеробства південних регіонів України. Наукові дослідження довели, що обробіток ґрунту методом чизелювання є більш ефективним порівняно з традиційною лемішно-полицевою оранкою. Основна перевага чизелювання ґрунту полягає в економії енергоресурсів при її обробітку, часткове запобігання водної та вітрової ерозії на еродованих і похилих землях, поліпшення реологічних властивостей ґрунту, підвищення родючості.

Чизельний обробіток можна проводити при більшій вологості ґрунту, на відміну від оранки і плоскорізного розпушування. При цьому способі навесні ґрунт краще протистоїть ущільненню енергонасиченим тракторам і важким сільськогосподарським машинам. Внаслідок меншої енергоємності, високої протиерозійної ефективності чизельна оранка незамінна в системі основного обробітку ґрунту.

У найпростішій інтерпретації робочий орган чизельного знаряддя - це пряма (рис. 2.1а) або похила (рис. 2.1б) стійки. Остання містить накладний ніж для підвищення ефективності різання, вичісування і закладення в ґрунт бур'янів.

До простих стійок можна віднести так названі Х-образні стійки (рис. 2.1в), які змонтовані на рамі таким чином, що на виді попереду (або позаду) похилі частини роздвоюються. Завдяки цьому стійки розміщуються на рамі досить компактно. Кількість стійок в одному знарядді залежить від тягових можливостей трактора. Головна особливість чизельного розпушування - гребнисте дно борозни (рис. 2.1г), що у принципі однаково після проходження знарядь із прямими, похилими або Х-образними стійками.

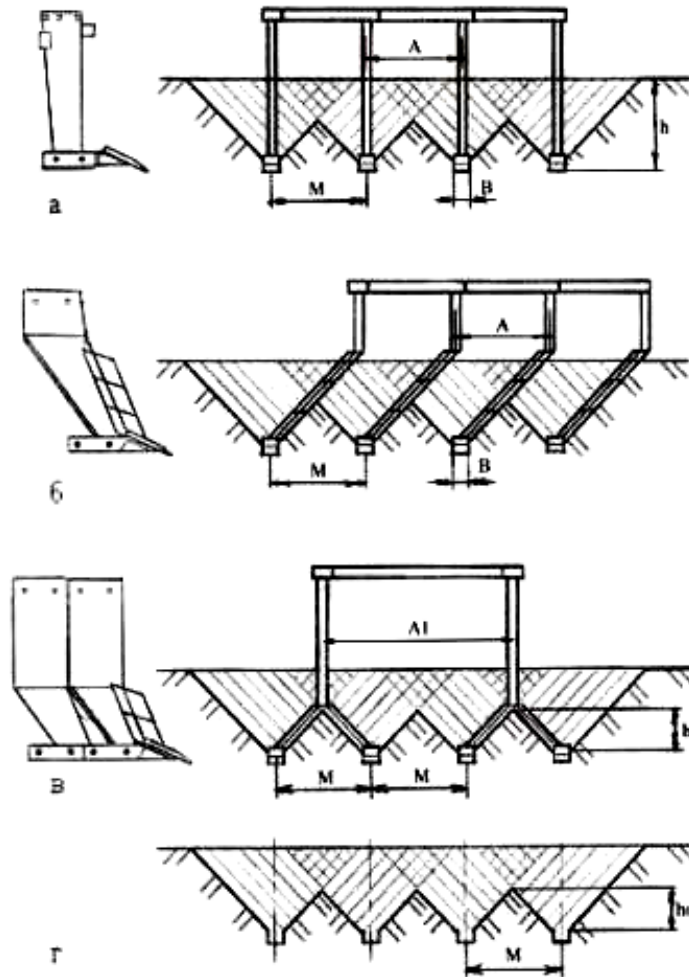


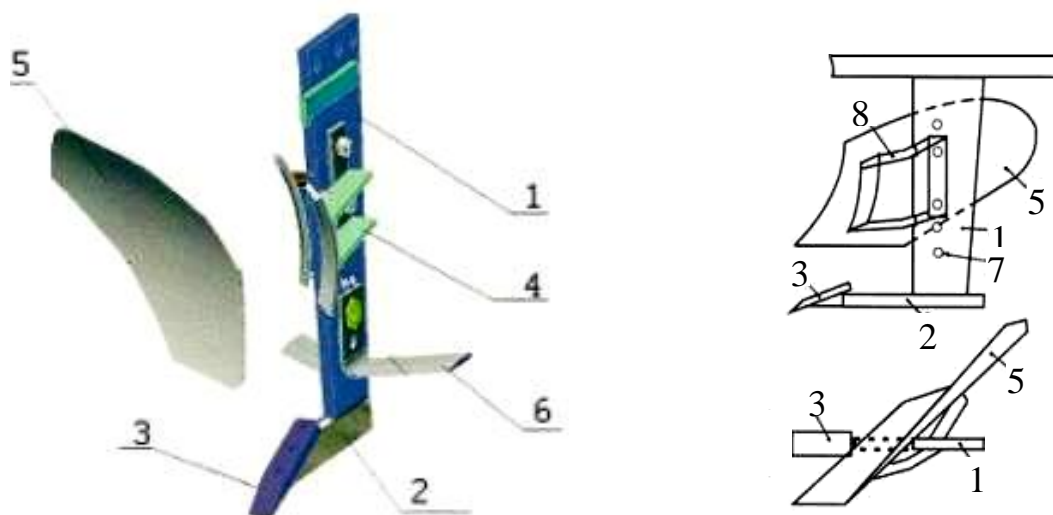
Рисунок 2.1 – Схема робочих органів чизеля і сформована ним борозна:
 а – пряма стійка; б - похила стійка з накладним ножом для підвищення ефективності різання, вичісування і заробки в ґрунт бур'янів; в - Х-образні стійки; г - гребнисте дно борозни; М – ширина між слідами; А – відстань між стійками ($A=M$); A_1 – відстань між Х-образними стійками ($A_1=2M$); В – ширина заглиблення борозни, яка дорівнює ширині долота стійки; h –

загальна глибина чизелювання; h_r – висота гребенів борозни; h_0 – глибина заглиблення після проходження долота

Відомо, що основна перевага чизелювання ґрунту полягає в економії енергоресурсів при його обробітці, частковому запобіганні водної та вітрової ерозії, поліпшенні реологічних властивостей ґрунту, підвищенні його родючості. Але чизельні знаряддя із прямими або нахиленими стійками після розпушування залишають на полі до 80% стерні. Одночасно зі стернею на полі залишаються і бур'яни. До того ж, чизелі не здатні заробляти в ґрунт різні види добрив.

Із числа робочих органів для чизельних знарядь найбільш перспективними є стійка з відвалом. Ріжуча частина ножів такого знаряддя відокремлює шар ґрунту, а відвал - додатково розпушує і обертає його. Оптимальна глибина встановлення відвалу в розпушений ґрунт може становити 0,15-0,20 м. На тильній стороні стійці можна прокласти трубку для подачі в ґрунт рідкого добрива. При необхідності відвал можна легко демонтувати.

В якості об'єкту досліджень розглянемо робочий орган на основі чизельної стійки з полицею (рис. 2.2).



- 1 – чизельна стійка; 2 – башмак; 3 – долото; 4 – кронштейни; 5 – полиця;
6 – підрізаючі лапи; 7 – пази для перевлаштування по висоті полиці;
8 – рамка для кріплення полиці

Рисунок 2.2 - Чизельно-полицевий робочий орган

Вказане чизельно-полицеве знаряддя характеризується широкими технологічними можливостями, зокрема:

1) «класичне» чизелювання ґрунту з формуванням гребенистого дна борозни (відсутній відвал і підрізаючі лапи на знарядді);

2) чизелювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів і додатковим розпушуванням верхнього шару ґрунту (підрізаючі лапи знаряддя встановлені у крайньому верхньому положенні);

3) чизелювання з глибоким розпушуванням ґрунту (підрізаючі лапи знаряддя встановлені у крайньому нижньому положенні);

4) чизелювання ґрунту з обертом і додатковим розпушуванням верхнього шару на глибину 0,10-0,15 м (відвал на знарядді встановлений у крайньому верхньому положенні, можливо встановлення декілька відвалів при ярусному обробітку);

5) чизелювання ґрунту з обертом на різній глибині і додатковим розпушуванням верхнього шару, формуванням на поверхні протиерозійних гребенів (відвали на знарядді встановлені на різній висоті);

6) комплексна обробка і розпушування ґрунту на глибину 0,10-0,15 м (відвал на знарядді встановлений у верхньому положенні, а підрізаючі лапи - у нижньому);

7) «класичне» щілювання ґрунту з установкою стійок на певну відстань і заміною широкого долота (60 мм) на вузьке (30 мм), при цьому зникає ефект формування гребенистого дна борозни;

8) щілювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів – якщо за попереднім пунктом додати підрізаючі лапи, які розміщуються у крайньому верхньому положенні.

2.2 Розроблення технології і організації оранки агрегатом на основі трактора ХТЗ-160 в складі чизельно-полицевого с.-г. знаряддя

1) Вихідні дані

Найменування операції: оранка.

Агрофон: стерня озимої пшениці.

Схил поверхні поля: не більше 3°.

Розміри поля: довжина - 1200 м; ширина - 400 м

Склад агрегату: трактор ХТЗ-160, 2-х корпусний передній та 3-х корпусний задній плуги.

2) Основні агротехнічні вимоги до виконання заданої операції

Фон обробленого поля після проходу орного агрегату на основі трактора ХТЗ-160 повинен відповідати наступним вимогам:

– допустиме відхилення середньої глибини оранки від заданої – не більше 5% (1-2 см); глибина обробітку ґрунту під звальними проходами повинна бути не менше половини середньої заданої значини;

- ґрунт має бути добре перевернутим, подрібненим на дрібні грудочки та укладеним без утворення порожнин.

– поверхня зораного поля не повинна мати глибоких рознімних борозен і високих гребенів, а також розривів між суміжними проходами орного агрегату;

– висота гребенів допускається не більше 3-5 см, а глиби площею більше 10 см² не повинні перевищувати 10-15% всієї поверхні поля;

– глибокі розвальні борозни допускаються лише в тих випадках, коли це передбачено агро меліоративними заходами;

– бур'яни і всі рослинні рештки та внесені добрива повинні бути повністю заорані;

– огріхи та незорані клини не допускаються.

3) Підготовчі роботи з налаштування агрегату до експлуатації

Під час підготовки машинно-тракторного агрегату до роботи слід ретельно оглянути всі його вузли та деталі. Необхідно підтягнути послаблені кріплення, а пошкоджені або деформовані елементи відремонтувати чи замінити.

Польова дошка та польова поверхня стояка корпусу мають бути розташовані в одній вертикальній площині. Польові обрізи лемеша і полиці також повинні знаходитись у цій площині, допускається їх виступ за поверхню стояка на 5–8 мм.

Верхня точка польового обрізу полиці може відхилитися у бік ріллі не більше ніж на 10 мм, тоді як відхилення у бік незораного поля не допускається. Задній край польової дошки та носок лемеша повинні бути розташовані в площині польової сторони корпусу. Допустиме відхилення заднього краю дошки в бік борозни – не більше 5 мм.

Лезо леміша повинно бути розміщене горизонтально. У долотоподібних лемішів носок має бути на 10 мм нижче п'ятки леміша та заднього краю польової дошки, виступаючи в бік поля на 5 мм. Лезо повинно бути добре загостреним, а перехід між ним і полицею – плавним.

Диск ножа заднього плуга повинен вільно обертатись на вісі. Товщина його леза не повинна перевищувати 0,4 мм. Вільний хід вилки на стояку ножа слід відрегулювати корончатою шайбою. Обмежувач повороту вилки ножа повинен дозволяти дисковому ножу відхилитися при зустрічі з перешкодою вправо чи вліво по ходу плуга.

Після перевірки робочих органів задній та передній плуги встановлюють на майданчику так, щоб корпуси торкались лемешами опорної поверхні, а їх рами були б горизонтальними. Лемеші повинні контактувати з поверхнею майданчика по всій довжині леза. Останні повинні бути паралельними для всіх корпусів.

Дисковий ніж на задній секції плуга встановлюється у відповідності із загальноприйнятими вимогами [13].

Задній і передній навісні механізми трактора ХТЗ-160 повинні бути налагоджені по 3-х точковій схемі у відповідності з вимогами, викладеними в розділі 2 даного дипломного проекту. Енергетичний засіб комплектується штатними шинами 16,9x38". Тиск повітря в них слід довести до наступних значин:

- передні шини: 0,12 мПа;
- задні шини: 0,10 мПа.

Після перевірки і підготовки трактора його подають заднім ходом до заднього 3-хкорпусного плуга, приєднують знаряддя, піднімають його в транспортне положення і регулюють довжину обмежувальних ланцюгів таким чином, щоб бокові переміщення задніх кінців нижніх тяг навісного механізму трактора не перевищували 30 мм, а передній брус рами плуга був би паралельним вісі задніх коліс енергетичного засобу.

Наступній етап – приєднання фронтального плуга. Будь-який поворот нижніх тяг переднього навісного механізму трактора в горизонтальній площині при цьому виключається.

Регулювання плугів на задану глибину оранки проводять у такому порядку. На рівному майданчику під ліві колеса трактора ХТЗ-160 та опорні колеса плугів підкладають бруси, товщина яких дорівнює глибині оранки, зменшеної на 1-4 см. З допомогою верхніх тяг та правих розкосин переднього і заднього навісних механізмів енергетичного засобу, а також опорних коліс плуга рами останніх вирівнюють у горизонтальній площині.

4) Підготовка поля

Підготовка поля до роботи полягає в розбивці поворотних смуг та прокладанні лінії першого проходу агрегату. Приймаємо загінний спосіб його руху. При виконанні першої звальної борозни МТА робить петльовий

грушоподібний поворот, для якого розрахункову значину мінімальної ширини поворотної смуги (E_{\min}) визначають із виразу [4]:

$$E_{\min} = 2,8 \cdot R_o + d_a + e, \quad (2.1)$$

де R_o - мінімальний радіус повороту енергетичного засобу;

d_a - кінематична ширина орного агрегату;

e - довжина виїзду МТА.

Для трактора ХТЗ-160 $R_o=6,1$ м. Кінематична ширина орного агрегату на основі цього енергетичного засобу вліво і вправо різна. Вправо вона більша і становить:

$$d_a = B_{тр}/2 + B_{п}, \quad (2.2)$$

де $B_{тр}$ – габаритна ширина трактора ХТЗ-160;

$B_{п}$ - ширина захвату фронтального плуга, яки виходить вправо за габарит трактора.

Виходячи із цього:

$$d_a = 2,53/2 + 0,4 = 1,66 \text{ м.}$$

Кінематична ширина агрегату вліво дорівнює:

$$d_a = B_{тр}/2 = 1,26 \text{ м.}$$

Саме цю значину і приймаємо для розрахунків, оскільки загінний спосіб руху взвал передбачає правий поворот МТА.

Що стосується довжини виїзду, то для даного орного агрегату вона становить 10 м.

В результаті маємо:

$$E_{\min} = 2,8 \cdot 6,1 + 1,26 + 10 = 28,34 \text{ м.}$$

Дійсна ширина поворотної смуги (E_d) повинна бути кратною ширині захвату орного МТА. Оскільки значина останнього становить 1,75 м, то приймаємо, що

$$E_d = 16 \cdot 1,75 = 28,0 \text{ м.}$$

Оптимальна ширина загінки може бути розрахована із виразу [14]:

$$C_{opt} = [2 \cdot (L \cdot B_p + 8 \cdot R_o^2)]^{1/2}, \quad (2.3)$$

де L – довжина гону поля;

B_p – ширина захвату орного МТА.

Враховуючи вихідні дані, маємо:

$$C_{opt} = [2 \cdot (1200 \cdot 1,75 + 8 \cdot 6,1^2)]^{1/2} = 69 \text{ м.}$$

5) Порядок і режим роботи МТА на полі

При першому проході агрегату (туди і назад) оранка виконується тільки заднім плугом. Здійснення другого і наступних проходів розпочинається роботою фронтального плуга. Задня секція знаряддя опускається тоді, коли її передній корпус виходить на контрольну лінію (лінію поворотної смуги).

Рух орного агрегату доцільний при максимальній значині тягового коефіцієнту корисної дії (ККД) [15]:

$$V = N_{дв} \cdot \eta_T / R_{кр}, \quad (2.4)$$

де V - максимальна швидкість руху агрегату;

$N_{дв}$ – потужність двигуна трактора;

η_T - максимальна значина тягового ККД трактора;

$R_{кр}$ – тяговий опір орного агрегату.

Для розглядуваного орного агрегату на основі ХТЗ-160 маємо:

$N_{дв} = 107 \text{ кВт}$; $\eta_T = 0,66$, а $R_{кр} = 32,7 \text{ кН}$.

Підставивши вихідні дані в формулу (2.4), отримаємо:

$$V = 107 \cdot 0,66 / 32,7 = 2,2 \text{ м/с} = 7,9 \text{ км/год.}$$

б) Експлуатаційно-технологічні показники роботи орного агрегату

Одним із основних експлуатаційно-технологічних показників роботи того чи іншого МТА є продуктивність праці, яка розділяється на основну, змінну і експлуатаційну.

Продуктивність на 1 год основного часу W_o розраховують по загальновідомій формулі:

$$W_o = 0,1 \cdot B_p \cdot V, \quad (2.5)$$

де B_p - робоча ширина захвата МТА.

В даному випадку:

$$W_0 = 0,1 \cdot 1,75 \cdot 7,9 = 1,38 \text{ га/ч.}$$

Щоб визначити продуктивність праці машинно-тракторного агрегату за 1 год змінного часу ($W_{см}$), необхідно знати значину коефіцієнта її (зміни) використання ($\tau_{см}$).

Взагалі величину $\tau_{см}$ визначають шляхом оброблення за стандартною методикою результатів хронометражних спостережень за роботою відповідного МТА.

При виконанні подібних розрахунків з достатньою для практики точністю можна користуватися апроксимаційною залежністю виду [16]:

$$\tau_{см} = A \cdot W_0^k, \quad (2.6)$$

де A , k - коефіцієнти апроксимації, які залежать від виду роботи.

Згідно даних [16] для оранки:

$A = 0,8$; $k = 0,08$, звідки

$$\tau_{см} = 0,8 \cdot 1,75^{0,08} = 0,84.$$

Враховуючи, що

$$W_{см} = W_0 \cdot \tau_{см},$$

отримуємо:

$$W_{см} = 1,38 \cdot 0,84 = 1,16 \text{ га/год.}$$

Експлуатаційна продуктивність МТА ($W_{эк}$) передбачає в балансі зміни наявність часу на періодичне технічне обслуговування і усунення технічних несправностей.

Другим, не менш важливим експлуатаційно-технологічним показником роботи МТА є витрати палива: годинні ($G_{ч}$) і питомі ($G_{уд}$). $G_{ч}$ визначається із тягової характеристики використовуємого енергетичного засобу. При крюковому навантаженні 32,7 кН і швидкості руху орного МТА 2,2 м/с годинні витрати палива тракторам ХТЗ-160 становлять 18,5 кг/год [17].

Питомі (погектарні) витрати палива новим агрегатом можуть бути розраховані по формулі:

$$G_{уд} = G_{ч}/W_0. \quad (2.7)$$

Стосовно нашого варіанту:

$$G_{уд} = 18,5/1,16 = 15,9 \text{ кг/га.}$$

Враховуючи співвідношення змінної і експлуатаційної продуктивності даного орного агрегату(1,03:1,00), для нового МТА приймаємо

$$W_{ЭК} = W_0 \cdot \tau_{см}/1,03 \approx 1,13 \text{ га/год.}$$

Як бачимо, впровадження агрегування орних знарядь по схемі “тягни-штовхай” забезпечує зниження питомих витрат палива майже на 11% (10,7%). Досягається це за рахунок зменшення тягового опору задньої секції плуга.

Зменшення тягового опору знаряддя приводить до зростання швидкості руху (а значить і продуктивності праці) орного МТА. У нового агрегату остання більша не менше, ніж на 13%.

7) Контроль якості роботи

Якість оранки оцінюється дотриманням заданої глибини обробітку ґрунту, вирівненістю та гребенистістю поверхні поля, ступенем обертання скиби, повнотою загортання рослинних решток та добрив, відсутністю огріхів тощо.

Під час приорювання плугів визначають середню значину їх ширини захвату, яка не повинна відрізнятись від конструктивної більше, ніж на 10%. Для цього на незораний стороні поля, відступивши від стінки борозни на величину, більшу, ніж ширина захвата плуга, установлюють кілочки. До і після проходу МТА 10-15 разів заміряють відстань від них до стінки нової борозни, а потім розраховують середню значину дійсної ширини захвату орного МТА.

Глибину оранки визначають за допомогою борозноміра або звичайної лінійки, вимірюючи її у відкритій борозні чи на зораному полі по діагоналі. Для цього у розпушений шар ґрунту вертикально занурюють дерев'яний або металевий стрижень до самого дна борозни. Кількість замірів - не менше 15-

20. Інтервал взяття замірів – 2-4 м, а точність реєстрації даних – 0,5 см. Відхилення середньої глибини оранки від заданої не повинно перевищувати ± 2 см.

Вирівненість поверхні поля визначають з допомогою шнура і рулетки. Посеред зораного поля на відстані 10 м друг від друга установлюють два кілочки (рис. 2.4). В напрямку від одного із них до другого вільно (не натягуючи) прокладають шнур. Оскільки останній при цьому повністю відтворить усі нерівності зораного фону, то його кінець не дійде до другого кілочки. Відстань від цього кілочки до кінця шнура X виражають у відсотках і називають коефіцієнтом нерівності поля Δ :

$$\Delta = [X/10] \cdot 100\% . \quad (2.8)$$

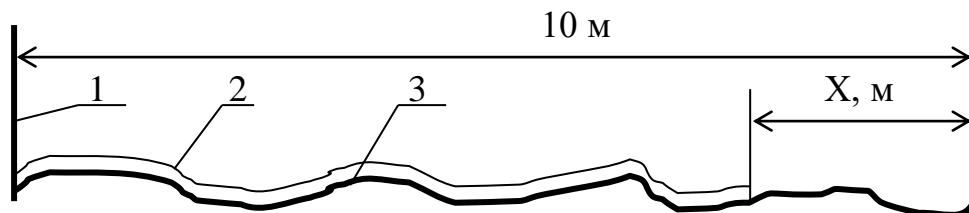


Рисунок 2.4 – Визначення міри вирівненості ріллі:

1 – кілочок; 2- шнур, довжиною 10 м; 3 – рілля.

Гребенистість ріллі оцінюють середньою значиною 10-15 замірів висоти гребенів. Ця величина не повинна перевищувати 7 см.

Ступінь кришення ґрунту визначають за допомогою квадратної рамки площею 1 м². Останню кладуть на рілля і підраховують площу, яку займають брили ґрунту, поперечний діаметр яких перевищує 10 см. Вказана площа чисельно дорівнює коефіцієнтові кришення (у відсотках). Середня значина цього показника не повинна перевищувати 15%.

Суцільність оранки контролюють візуально. Якщо при огляді поля можна встановити кількість корпусів використовуваного плуга та легко знайти межі суміжних проходів агрегату, то таку рілля слід вважати не суцільною.

Всі інші показники якості оранки (обертання скиби, загортання рослинних решток та мінеральних або органічних добрив, наявність огривів тощо) визначають під час роботи орного МТА шляхом огляду зораного поля по діагоналі.

Висновки по розділу

1. Однією із проблем, яку потрібно вирішувати при виконанні основного обробітку ґрунту є те, що ґрунтообробні знаряддя і обробіток ґрунту, навіть в межах одного регіону, потребує не тільки модернізації, але і адаптації до конкретних умов. В силу цього, першочерговою науковою задачею є створення низки знарядь максимально динамічно урівноважених.

2. Запропоноване для використання чизельно-полицеве знаряддя характеризується широкими технологічними можливостями, зокрема: чизелювання ґрунту з формуванням гребенистого дна борозни; чизелювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів і додатковим розпушуванням верхнього шару ґрунту; чизелювання з глибоким розпушуванням ґрунту; чизелювання ґрунту з обертотом і додатковим розпушуванням верхнього шару на глибину 0,10-0,15 м; чизелювання ґрунту з обертотом на різній глибині і додатковим розпушуванням верхнього шару, формуванням на поверхні протиерозійних гребенів; комплексна обробка і розпушування ґрунту на глибину 0,10-0,15 м; «класичне» щільювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів.

3. Стабілізувати тягові навантаження чизельно-полицевого робочого органу, за відсутністю на ньому польової дошки, можна, якщо леміш знаряддя представити у формі трикутного робочого органу, для якого поперечні складові його реакцій тягового опору і полиці спрямувати у різному напрямку.

3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ТЯГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЧИЗЕЛЬНО-ПОЛИЦЕВОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

Розглянемо розрахункову схему чизельно-полицевого робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині (рис. 3.1), в якому леміш представлений у формі трикутного робочого органу, поперечні складові його реакцій і полиці спрямовані у різному напрямку, польова дошка відсутня. Леміш умовно розіб'ємо на дві частини: 1 – з гострим кутом атаки і 2 – з тупим кутом атаки. Основними діючими силами у поздовжньо-горизонтальній площині є: F_{P1} , F_{P2} – тяговий опір різанню ґрунту відповідно лезами лемеша 1 та 2; $F_{П}$ – тяговий опір на переміщення ґрунту вздовж полиці; $F_{ч}$ – тяговий опір чизельного робочого органу. З деяким припущенням положимо, що дією інших сил знехтуємо, як значно меншими, в порівнянні з вказаними [14].

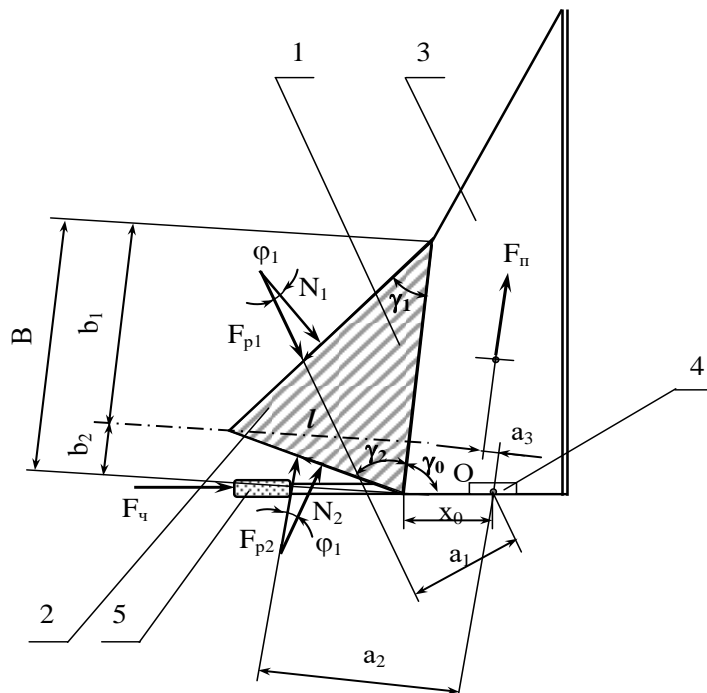


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема сил, що діють на чизельно-полицевий робочий орган у поздовжньо-горизонтальній площині:

1 – зона леміша з малим (гострим) кутом атаки; 2 – зона леміша з великим (тупим) кутом атаки; 3 – полиця робочого органу; 4 – стояк корпусу; 5 – долото чизельного робочого органу.

Вказані сили у поздовжньо-горизонтальній площині утворюють обертаючи моменти довкола стояка 4. Рівняння останніх матиме вид:

$$F_{П} \cdot a_3 + F_{P2} \cdot a_2 - F_{P1} \cdot a_1 = 0, \quad (3.1)$$

де a_1, a_2, a_3 - відстані (плечі) від т.О до точки прикладання відповідної діючої сили.

З рівняння (3.1) випливає, що при постійних значеннях сил опору різанню ґрунту величини приведених моментів залежать від плечей їх прикладання в межах проекції.

Із розрахункової схеми (рис. 3.1) випливає, що

$$\begin{cases} B = b_1 + b_2, \\ l = b_1 \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 = b_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma_2, \\ a_1 = x_0 + \frac{l \cdot \cos(180^\circ - \gamma_0 - \gamma_1)}{2 \sin \gamma_1}, \\ a_2 = x_0 + \frac{l \cdot \cos(180^\circ - \gamma_0 - \gamma_2)}{2 \sin \gamma_2}, \end{cases} \quad (3.2)$$

де B – ширина леза лемеша;

b_1 і b_2 – відповідно ширина кожної з частин леза лемеша;

l – горизонтальна проекція ширини лемеша;

x_0 – конструктивний параметр, природа якого зрозуміла з рис. 3.1;

γ_0 – кут нахилу лемеша до стінки борозни;

γ_1 і γ_2 – геометричні кути лемеша, природа яких зрозуміла з рис. 3.1.

Визначення реакції опору різанню ґрунту лемешем за методикою [19] надає можливість визначити сили F_{p1} і F_{p2} кожної з частин леза лемеша за наступним рівнянням:

$$\begin{aligned}
 F_{pi} = C_{yo} & \left[\frac{0,66 \cdot h^2 \cdot ctg\varphi_2}{\cos(a_p + \varphi_2)} + (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot tg\varepsilon}) \cdot h \right] + 4,9 \cdot (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot tg\varepsilon}) \cdot h^2 \cdot tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \rho \cdot \\
 & \cdot (\sin \varphi_2 + \cos(a_p - \varphi_2) \cdot \cos a_p \cdot tg\varphi_1 + h^2 \cdot (0,5C_{yo} \cdot (tg(a_p + \varphi_2) + ctga_p) \cdot \frac{0,66 \cdot ctg\varphi_2}{\cos(a_p + \varphi_2)} + \\
 & + 4,9\delta_p \cdot tg^2(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}) \cdot \sin \varphi_2 \cdot \rho)) \cdot tg\varphi_1 + K'(z + x \cdot tg\varphi_1) \cdot (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot tg\varepsilon}) + \\
 & + 9,81 \cdot (b_i + \frac{h}{2 \cdot \sin a_p \cdot tg\varepsilon}) \cdot h \cdot \rho \cdot \frac{\sin a_p \cdot \cos \theta}{\sin(a_p + \theta)} \cdot V^2 \cdot \cos(\arctg \frac{\psi + \sin \varphi_1}{\cos \varphi_1} - \varphi_1),
 \end{aligned} \tag{3.3}$$

де $C_{уд}$ – питоме зчеплення частинок ґрунту, кН/м^2 ;

h – глибина обробітку, м;

b_i – ширина захвату i -ої ділянки леза лемеша, м;

φ_1 і φ_2 – кут зовнішнього та внутрішнього тертя, град;

α_p – кут різання лемеша, град;

ρ – щільність ґрунту, т/м^3 ;

K' - межа несучої спроможності ґрунту, кН/м^2 ;

z, x – параметри площадки затуплення леза лемеша, м;

θ – задній кут різання лемеша, град;

ε – кут у основи лемеша, град;

V – швидкість руху знаряддя, м/с;

ψ – коефіцієнт ковзання.

Тяговий опір F_n на переміщення ґрунту вздовж полиці знаходимо у відповідності до методики [19]:

$$F_n = 4,9 \cdot B \cdot H^2 \cdot tg^2(45^\circ - \varphi_2 / 2) \cdot \rho \cdot \cos(\varphi - \varphi_2) \cdot \cos \gamma_0 \cdot tg\varphi_1, \tag{3.4}$$

де H – висота полиці, м;

φ - кут відвалювання.

Після об'єднання залежностей (3.1-3.4) в одну систему рівнянь можна визначити значення геометричних параметрів лемеша b_1 , b_2 та l , які, за певних фізико-механічних властивостей ґрунту, конструкції полиці, глибини обробітку і швидкості руху робочого органу, дозволяють отримати ефект стабілізації тягових навантажень останнього у поздовжньо горизонтальній площині за рівнянням (3.1).

Для перевірки достовірності запропонованої методики були обчислені параметри лемеша за наступних умов: глибина обробітку $h = 0,25$ м; швидкість руху знаряддя $V = 2$ м/с; фізико механічні властивості ґрунту – кути внутрішнього і зовнішнього тертя $\varphi_1 = 22^\circ$ і $\varphi_2 = 30^\circ$; щільність ґрунту $\rho = 1,4$ т/м³; питома зчеплення частинок ґрунту $C_{уд} = 1,8$ кН/м²; параметри культурного лемішного корпусу плуга – висота полиці $H = 0,35$ м; ширина леза лемеша $B = 0,4$ м; кут нахилу лемеша до стінки борозни $\gamma_0 = 40^\circ$; кут відвалювання $\varphi = 75^\circ$; кут у основи лемеша $\varepsilon = 60^\circ$; кут різання лемеша $\alpha_p = 35^\circ$, задній $\theta = 12^\circ$; параметри площадки затуплення леза лемеша $z = x = 0,002$ м; коефіцієнт ковзання $\psi = 0,73$; конструктивні параметри - $x_0 = 0,25$ м; $a_3 = 0,05$ м.

Результат обчислення тягового опору $F_{п}$ на переміщення ґрунту вздовж полиці по (3.4) показав, що різниця обертаючих моментів сил опору різанню кожної з ділянки лемеша по (3.1) має вид:

$$F_{P1} \cdot a_1 - F_{P2} \cdot a_2 = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Характер впливу ширини кожної з ділянки лемеша (b_1 та b_2) на величину реакції опору різанню ґрунту (F_{P1} та F_{P2}) представлено на рис. 3.2.

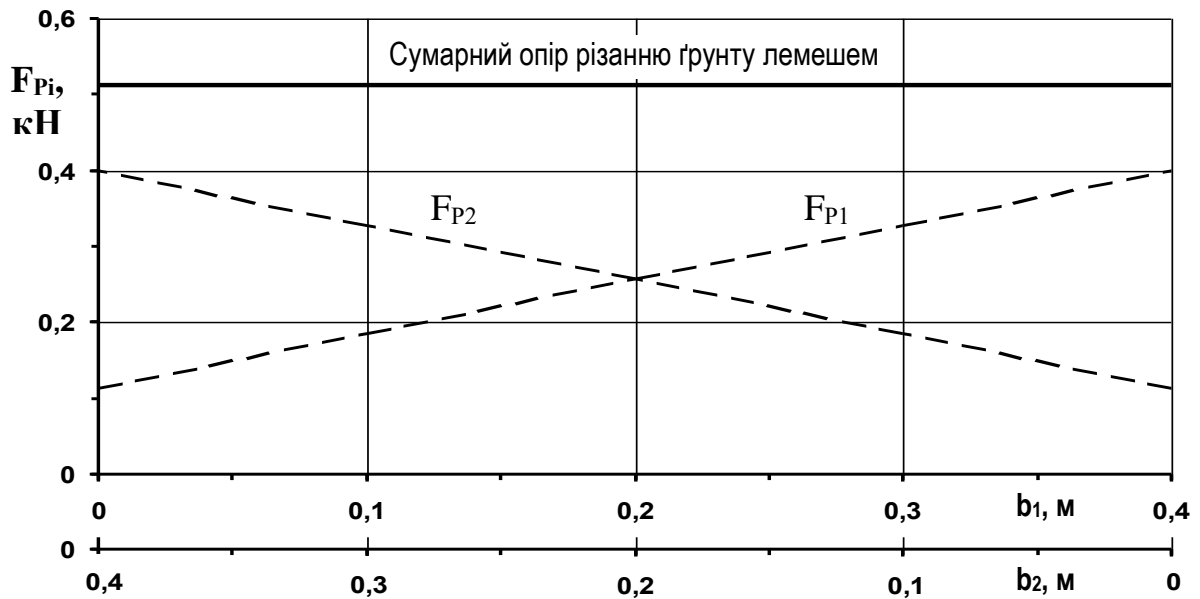


Рисунок 3.2 - Тяговий опір різанню ґрунту F_{P1} і F_{P2} в залежності від ширини b_1 і b_2 кожної з частин лемеша

Аналіз рис. 3.2 свідчить про те, що характер впливу ширини кожної з частин лемеша b_1 і b_2 на тяговий опір різанню ґрунту F_{P1} і F_{P2} є прямо пропорційним. Якщо загальну ширину лемеша в процесі моделювання не змінювати, а залишити постійною, то із збільшенням ширини однієї її ділянки, ширина іншої зменшується. При цьому, зростання величини опору різанню ґрунту з одного боку лемеша, зменшує вказану силу з іншого боку. Оскільки сумарний опір різанню ґрунту лемешем залежить від суми величин b_1 та b_2 , то при відносній зміні останніх вказаний опір різанню ґрунту лемешем не змінюється.

Результат представлених залежностей на рис. 3.2 дозволяє обчислити вказані моменти обертання реакцій опору по (3.1). Але ж, для цього слід мати залежності впливу кожної з частин лемеша b_1 і b_2 на величину пліч a_1 та a_2 .

Характер впливу ширини кожної з ділянки лемеша (b_1 та b_2) на величину відстаней (a_1 та a_2) представлено на рис. 3.3.

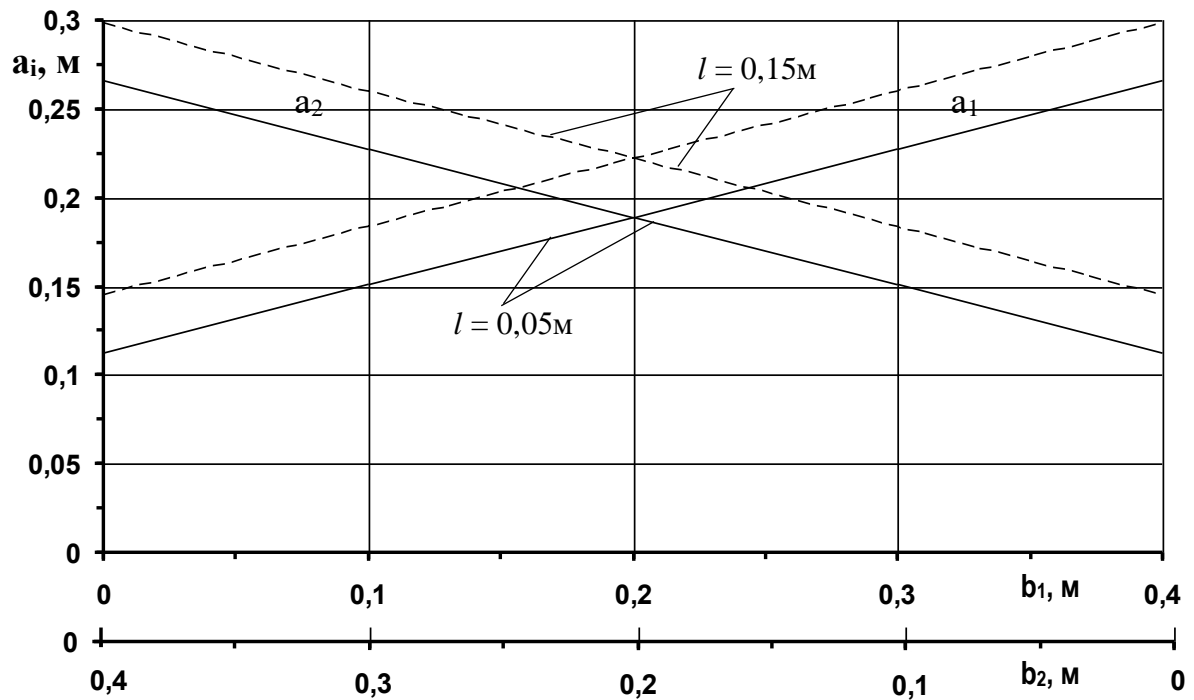


Рисунок 3.3 – Вплив ширини b_1 і b_2 кожної з частин леза лемеша на величини a_1 , a_2 відстаней (пліч) від т.О до точки прикладання відповідної діючої сили (рис. 3.1)

Аналіз рис. 3.2 свідчить про те, що характер впливу ширини кожної з частин лемеша b_1 і b_2 на величини a_1 , a_2 відстаней (пліч) від т.О до точки прикладання відповідної діючої сили (рис. 3.1) є прямо пропорційним. Збільшення горизонтальної проекції ширини лемеша l – збільшує і величину пліч a_1 та a_2 , але характер такого впливу не прямо пропорційний. Як це доведено на рис. 3.3 – із зміною l в 3 рази, відстані a_1 та a_2 змінювалися на 12-28%. Тому, нами зроблено висновок, що з позиції стабілізації тягових навантажень лемеша у поздовжньо-горизонтальній площині збільшення його габаритів є малоефективним.

Результат проведених досліджень дозволяє стверджувати про те, що домогтися умови нульової суми обертаючих моментів реакцій опору різанню ґрунту навколо стояка чизельно-полицевого робочого органу можна, якщо зона бажаних значень ширини кожної з частин леза лемеша буде відповідати

умові (рис. 3.4). Тобто, при створенні лемеша у формі трикутного робочого органу, де поперечні складові його реакцій і полиці спрямовані у різному напрямку, ширина першої його ділянки 1 з гострим кутом атаки повинна бути більшою за ширину другої ділянки 2 з тупим кутом атаки ($b_1 > b_2$). Ступінь такої нерівнозначності залежить від інших конструктивно-технологічних параметрів чизельно-полицевого робочого органу та фізико-механічних властивостей ґрунту.

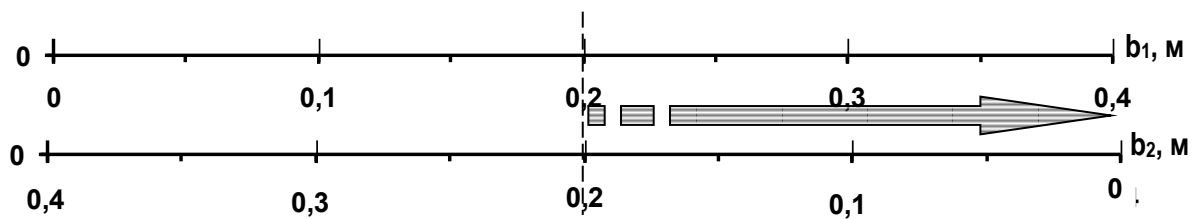


Рисунок 3.4 - Зона бажаних значень ширини кожної з частин леза лемеша

Висновки по розділу

1. Зменшити енерговитрати при роботі чизельно-полицевого робочого органу для основного обробітку ґрунту можливо, якщо, за відсутності польової дошки, використати леміш у формі трикутного робочого органу. Поперечні складові реакцій останнього і полиці спрямовані у різному напрямку. При цьому, умовою стабілізації тягових навантажень чизельно-полицевого робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині є нульова сума обертаючих моментів реакцій опору різанню ґрунту навколо його стояка.

2. Запропонована методика дозволяє обґрунтувати геометричні параметри лемеша для чизельного-полицевого с.-г. знаряддя, за яких буде досягнутий ефект стабілізації його тягових навантажень у поздовжньо-горизонтальній площині.

3. За результатами проведених теоретичних досліджень встановлено, що вплив ширини кожної з ділянки лемеша (b_1 та b_2) на величину реакції опору різанню ґрунту (F_{P1} та F_{P2}) носить прямо пропорційний характер. Збільшення ширини однієї ділянки лемеша - збільшує і величину опору

різанню ґрунту. При цьому, відповідне зменшення ширини іншої ділянки лемеша – відповідно зменшує вказану силу з іншого боку. Оскільки сумарний опір різанню ґрунту лемешем залежить від суми величин b_1 та b_2 , то при відносній зміні останніх сумарний опір різанню ґрунту лемешем не змінюється.

4. Вплив ширини кожної з частин лемеша b_1 і b_2 на величини a_1 , a_2 відстаней (пліч) від т.О до точки прикладання відповідної діючої сили (рис. 3.1) носить прямо пропорційний характер. Збільшення горизонтальної проекції ширини лемеша l – збільшує і величину пліч a_1 та a_2 , але характер такого впливу не є прямо пропорційним. Наприклад, із зміною l в 3 рази, відстані a_1 та a_2 змінюються лише на 12-28%. Тому, суттєво вплинути на стабілізацію тягових навантажень знаряддя у поздовжньо-горизонтальній площині шляхом збільшення геометричних габаритів лемеша не є ефективним.

5. Домогтися умови стабілізації тягових навантажень чизельно-полицевого робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині можна, якщо ширина першої ділянки лемеша з гострим кутом атаки буде більшою за ширину другої ділянки з тупим кутом атаки ($b_1 > b_2$). Ступінь такої нерівнозначності залежить від інших конструктивно-технологічних параметрів знаряддя та фізико-механічних властивостей ґрунту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Організація умов охорони праці при використанні запропонованої машини

Відповідно до державних стандартів ГОСТ 12.2.019-86 та санітарних правил №4282-87 визначено вимоги до конструкції тракторів, самохідних і стаціонарних сільськогосподарських машин. Ці вимоги охоплюють оснащення машин засобами безпеки, системами сигналізації, спеціальними захисними механізмами, а також елементами гідравлічних і пневматичних систем, робочого місця оператора, органів керування та інших складових, які визначають умови праці та рівень безпеки під час експлуатації техніки.

Трактори та самохідні машини мають бути зручними і безпечними для технічного обслуговування, а також забезпечувати безперешкодний і безпечний доступ до робочого місця оператора.

Техніка, призначена для роботи в гірській місцевості, повинна оснащуватись захисними кабінами або корпусами, а також приладами для контролю нахилу (креномірами-сигналізаторами).

Параметри мікроклімату в кабіні оператора мають відповідати встановленим санітарним нормам.

Стандарти також визначають допустимі зусилля, які оператор прикладає до органів керування машинами: при роботі ногами — у межах 60–200 Н, а руками — 30–200 Н [21].

Крім того, усі сільськогосподарські машини повинні відповідати екологічним вимогам — не забруднювати повітря, ґрунт і водойми шкідливими викидами, не становити небезпеки пожежі чи вибуху. Матеріали, що використовуються під час експлуатації та обслуговування машин, повинні бути безпечними для людини та не шкодити здоров'ю.

Головним нормативним актом, що регламентує питання охорони праці під час виконання технологічних процесів у сільському господарстві, є

ДНАОП 2.0.00-1.01-00 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затверджені наказом Держнаглядохоронпраці від 11 серпня 2000 року № 202. У цьому документі визначено основні вимоги щодо організації та безпечного проведення технологічних процесів.

1. При впровадженні нових технологій слід забезпечити охорону праці працівників згідно з ДНАОП 2.0.00-1.01-00 та додатковими заходами, що включають:

- забезпечується мінімальний або повністю виключений прямий контакт працівників із протруєним насінням під час його завантаження у транспортні засоби, перевезення на поле, а також під час завантаження в сівалки та саджалки. Такий підхід зменшує ризик отруєння та підвищує рівень безпеки для персоналу.

- надання трактористу-машиністу можливості контролювати роботу начіпних сільськогосподарських машин із кабіни, зокрема через забезпечення достатньої оглядовості робочих органів, що дозволяє вчасно виявляти несправності та попереджувати аварійні ситуації;

- використання сільськогосподарських машин із автоматичним приєднанням до енергетичних засобів (трактора чи іншого тягового механізму), що зменшує фізичне навантаження на працівників та підвищує безпеку під час агрегування;

- встановлення візуальної та звукової сигналізації, яка забезпечує узгоджені та безпечні дії всіх агрегатів і машин під час спільної роботи на полі. Це сприяє координації руху техніки та запобігає виникненню аварійних ситуацій;

- організація роботи агрегатів таким чином, щоб виключити будь-які небезпечні ситуації, забезпечуючи безпечну взаємодію техніки та персоналу при виконанні технологічних операцій.

4.2. Норми і правила виконання робіт при обробці ґрунту

Вимоги щодо організації та проведення робіт із ґрунтообробки, висіву, садіння і догляду за посівами наведені в таблиці 1 [22].

Таблиця 1

№	ВИД РОБІТ / СИТУАЦІЯ	ВИМОГИ БЕЗПЕКИ
1	Виконання механізованих робіт	Землеробські роботи, включаючи обробіток ґрунту, посів, садіння та догляд за культурами, виконуються згідно з технологічними (операційними) картами, експлуатаційною документацією на техніку та вимогами цих Правил.
2	Зона руху агрегатів	У зоні, де можуть переміщуватися маркери або навісні агрегати під час розвороту машинно-тракторних агрегатів, перебування людей забороняється.
3	Обслуговування агрегатів	Не дозволяється, щоб один працівник одночасно обслуговував дві або більше сівалки під час руху агрегату.
4	Завантаження матеріалів	Завантаження сівалок та садильних машин насінням, посадковим матеріалом і добривами проводиться механізованим методом. Ручне завантаження допускається лише за умови зупинки агрегату, вимкненого двигуна трактора, з використанням засобів індивідуального захисту та дотриманням допустимих норм підйому вантажів.
	Обслуговування робочих органів	Полагодження, очищення та регулювання органів роботи навісних машин і знарядь у піднятому стані виконувати тільки після вжиття заходів, що запобігають їх самовільному опусканню.
	Пересування працівників	Забороняється підніматися на рухомі машини або спускатися з них під час роботи агрегату.

4.3 Охорона праці при комплектуванні та використанні чизельно-полицевого знаряддя для обробітку ґрунту

1. **Підготовка до роботи:** Перед початком використання чизельно-полицевого знаряддя необхідно перевірити його технічний стан, наявність захисних щитків, кріплень та справність робочих органів. Виконувати обстеження слід у відключеному стані агрегату та із застосуванням засобів індивідуального захисту.

2. **Комплектування агрегату:** Під'єднання чизельно-полицевого знаряддя до трактора повинно здійснюватися механізованим способом. Забороняється перебувати під піднятим знаряддям або під частинами, що можуть раптово опуститися.

3. **Робота агрегату на полі:** Під час руху та обробітку ґрунту не допускається перебування сторонніх осіб у зоні дії робочих органів. Тракторист повинен контролювати роботу знаряддя з кабіни, мати огляд робочих органів і дотримуватися безпечної швидкості руху.

4. **Регулювання та обслуговування:** Регулювання робочих органів та очистку чизелів і полиць слід проводити тільки після зупинки агрегату і фіксації знаряддя в безпечному положенні.

5. **Завантаження та транспортування:** Для перевезення знаряддя на поле та між ділянками слід використовувати спеціальні транспортні засоби або механізми для підйому, уникати ручного піднімання важких елементів.

6. **Засоби індивідуального захисту:** Працівники повинні використовувати захисні рукавички, спецвзуття, окуляри та інші засоби захисту відповідно до характеру виконуваних робіт.

7. **Дотримання правил:** Забороняється стояти на рухомому агрегаті, перебувати під піднятою рамою знаряддя та обслуговувати декілька агрегатів одночасно.

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Попередження надзвичайних ситуацій – це сукупність превентивних заходів, що виконуються заздалегідь і спрямовані на мінімізацію ризику їх виникнення. Мета таких заходів – зберегти здоров'я людей, зменшити шкоду навколишньому середовищу та скоротити матеріальні втрати у разі реалізації небезпечної події.

Організація заходів із попередження надзвичайних ситуацій на державному рівні здійснюється у рамках цільової програми, яка спрямована на зниження ризиків та пом'якшення наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. У межах цієї програми визначено ключові напрями роботи, спрямовані на зменшення втрат і запобігання шкоді від НС, серед яких:

- систематичний моніторинг стану навколишнього середовища та об'єктів народного господарства;
- прогнозування надзвичайних ситуацій природного і техногенного походження та оцінка пов'язаних з ними ризиків;
- раціональне планування та розміщення продуктивних сил і об'єктів економіки з урахуванням природної та техногенної безпеки;
- запобігання або зменшення негативного впливу небезпечних природних явищ шляхом систематичного зниження накопиченого потенціалу небезпеки;
- профілактика аварій і техногенних катастроф через підвищення технологічної безпеки виробничих процесів та надійності обладнання;
- розробка та впровадження спеціальних технологічних заходів для зменшення можливих втрат і збитків від надзвичайних ситуацій на конкретних об'єктах і територіях;

- підготовка об'єктів економіки та систем життєзабезпечення населення до ефективного функціонування в умовах надзвичайних ситуацій.

Розробка та реалізація заходів з протидії терористичним і диверсійним актам: передбачає створення спеціальних програм і планів, проведення навчань та тренінгів для персоналу, органів влади та силових структур, а також участь у заходах, спрямованих на мінімізацію наслідків можливих загроз для життя людей, об'єктів інфраструктури та економіки.

Декларування промислової безпеки та ліцензування діяльності: забезпечує контроль за дотриманням вимог промислової безпеки на підприємствах та у виробничих процесах, визначає порядок отримання ліцензій на діяльність у сфері промислової безпеки та гарантує, що суб'єкти господарювання відповідають встановленим нормам безпеки.

Реалізація державної політики щодо захисту населення і територій: включає формування стратегій та програм захисту людей, об'єктів економіки та довкілля від надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, організацію ресурсів і координацію дій органів влади на всіх рівнях.

Державний нагляд і контроль у сфері безпеки: передбачає моніторинг, перевірки та аудит підприємств, об'єктів та територій на предмет дотримання норм природної і техногенної безпеки, а також вжиття заходів щодо усунення порушень.

Страхування природних і техногенних ризиків: передбачає створення фінансових механізмів для покриття можливих збитків у разі надзвичайних ситуацій, що дозволяє мінімізувати економічні втрати для держави, підприємств та населення.

Інформування населення про потенційні загрози: включає систему доведення інформації про природні та техногенні небезпеки на території проживання громадян, навчання правилам поведінки у разі надзвичайних

ситуацій та забезпечення доступу до оперативних повідомлень через різні канали комунікації.

Висновки по розділу.

1. Система заходів з охорони праці спрямована на максимальне зниження ризиків аварій та травматизму, що забезпечує безпечне і ефективне виконання технологічних операцій у рослинництві.

2. Попередження надзвичайних ситуацій є ключовим елементом безпеки: комплекс превентивних заходів дозволяє мінімізувати ризики виникнення небезпечних подій, зберегти здоров'я людей, знизити шкоду навколишньому середовищу та скоротити матеріальні втрати.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОГО ЧИЗЕЛЬНО-ПОЛИЦЕВОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

Розглянемо два варіанти чизельно-полицевого сільськогосподарського знаряддя для основного обробітку ґрунту. Згідно першого – лемішно-полицевий робочий орган представлений із польовою дошкою, згідно - другого – без неї, а стабілізація його тягових навантажень в горизонтальній площині представлена обґрунтованою формою лемеша.

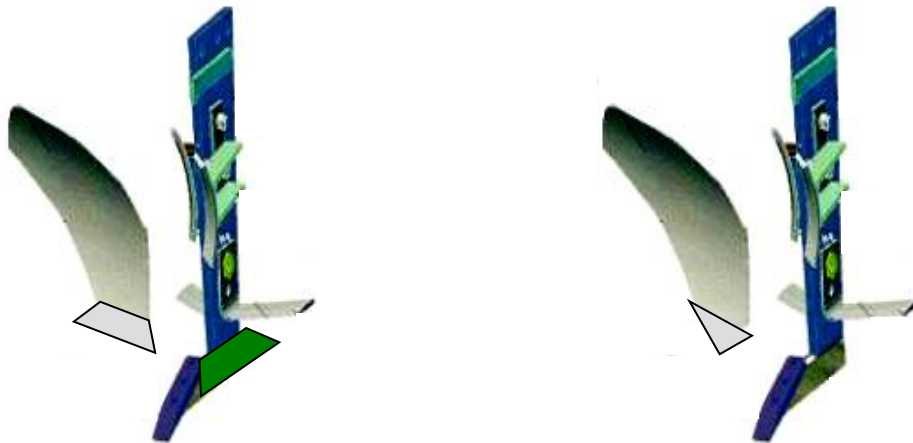


Рисунок 5.1 – Варіанти сільськогосподарського знаряддя для основного обробітку ґрунту: а) з польовою дошкою; б) без польової дошки

Тяговий опір у двох варіантів с.-г. знарядь відрізняється на величину сили тертя ґрунту о бокову поверхню польової дошки. Вказана сила тертя (P_d) визначається за методикою [20]:

$$P_d = ctg(\gamma_0 + \varphi_1) \cdot tg\varphi_1 \cdot P_{01}, \quad (5.1)$$

де γ_0 – кут нахилу лемеша до стінки борозни;

φ_1 – кут зовнішнього тертя, град;

P_{01} – дотична складова опору оранки плугом, кН:

$$P_{01} = P_{p1} + W_g, \quad (5.2)$$

де P_{p1} – опір різанню ґрунту лемешем, кН;

W_g – опір вертикального руху шару ґрунту по полиці плуга [20]:

$$W_g = 4,9 \cdot B \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg}^2(45^\circ - \varphi_2/2) \cdot \rho \cdot \cos(\varphi - \varphi_2) \cdot \cos \gamma_0 \cdot (\sin \varphi + \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1), \quad (5.3)$$

де H – висота полиці, м;

φ – кут відвалювання;

φ_2 – кут внутрішнього тертя, град;

ρ – щільність ґрунту, т/м³;

B – довжина полиці, м.

Положимо, що трактор із сільськогосподарським знаряддям у першому варіанті його виконання розвиває таке тягове зусилля, яке на певній j -ій передачі, за його тяговою характеристикою, відповідає певному значенню коефіцієнта використання тягового зусилля ξ_{pj1} . Відповідно для другого варіанту сільськогосподарського знаряддя - ξ_{pj2} . Причому, з деяким припущенням положимо для подальших досліджень певну рівність:

$$\frac{P_{тяг1}}{P_{тяг1} - P_\delta} = \frac{\xi_{pj1}}{\xi_{pj2}}, \quad (5.4)$$

де ξ_{pj1} та ξ_{pj2} – коефіцієнти використання тягового зусилля енергозасобу у 1 та 2 варіанті використання сільськогосподарського знаряддя;

$P_{тяг1}$ – тяговий опір чизельно-полицевого робочого органу, кН, складається із суми наступних сил:

$$P_{тяг1} = P_\Pi + P_\Pi + P_\Pi + P_\Pi, \quad (5.5)$$

де P_Π – складова тягового опору від полиці знаряддя, кН;

P_Π – складова тягового опору від лемеша знаряддя, кН;

P_Π – складова тягового опору від чизельного робочого органу знаряддя, кН.

Відомо, що тяговий опір корпусу лемешно-полицевого плуга розраховується:

$$(P_{\text{п}} + P_{\text{л}} + P_{\text{д}}) = b_{\text{кор}} \cdot h \cdot k_{\text{пл}}, \quad (5.6)$$

де $b_{\text{кор}}$ – ширина корпусу плуга, м;

h – глибина обробітку, м;

$k_{\text{пл}}$ – питомий тяговий опір плуга, кН/м^2 .

Для оцінки економічного ефекту від використання чизельно-полицевого робочого органу за 2 варіантом положимо, що для ґрунтів регіону $k_{\text{пл}} = 43 \text{ кН/м}^2$. Якщо для традиційних лемішних плугів $b_{\text{кор}} = 0,35 \text{ м}$, то тяговий опір корпусу буде дорівнювати:

$$(P_{\text{п}} + P_{\text{л}} + P_{\text{д}}) = 0,35 \cdot 0,25 \cdot 47 = 4,1 \text{ кН.}$$

Тяговий опір чизельного робочого органу розраховується аналогічно:

$$P_{\text{ч}} = b_{\text{чиз}} \cdot k_{\text{чиз}}, \quad (5.7)$$

де $b_{\text{чиз}}$ – ширина захвату чизельного робочого органу, м;

$k_{\text{чиз}}$ – питомий тяговий опір чизеля, кН/м .

Результат розрахунку тягового опору чизельно-полицевого робочого органу у 1 варіанті виконання дорівнює $P_{\text{тяг1}} = 5,3 \text{ кН}$.

В результаті розрахунку сили тертя ґрунту о бокову поверхню польової дошки за (5.1) було отримане значення $P_{\text{д}} = 0,184 \text{ кН}$.

Нехай отриманому значенню $P_{\text{тяг1}}$ відповідає величина коефіцієнта використання тягового зусилля МТА $\xi_{\text{р1}} = 0,9$. В такому випадку, за рівнянням (5.4) для 2-го варіанту виконання вказаного знаряддя:

$$P_{\text{тяг2}} = 5,3 - 0,184 = 5,116 \text{ кН.}$$

А коефіцієнт використання тягового зусилля МТА для $P_{\text{тяг2}}$ буде дорівнювати $\xi_{\text{р2}} = 0,86$.

Економічний ефект від зменшення тягового опору чизельно-полицевого робочого органу (E , грн./га) розглянемо, як результат економії енергії (палива) ($\Delta E_{\text{п}}$) та збільшення річного наробітку знаряддя (ΔE_{w}) [24]:

$$E = \Delta E_{\text{п}} + \Delta E_{\text{w}}. \quad (5.8)$$

Ефект від економії палива буде досягнутий за рахунок зменшення тягового опору знаряддя і, як наслідок, зменшення годинної витрати палива за тяговою характеристикою трактора. Остання визначається по значенню тягового опору на відповідній передачі за тяговою характеристикою трактора, або за формулою (кг/год):

$$G_{\text{трв}} = G_{\text{тнj}} - (G_{\text{тнj}} - G_{\text{тххj}})(1 - \xi_{\text{pj}}), \quad (5.9)$$

де $G_{\text{тнj}}$ паливна витрата в номінальному режимі роботи, кг/год;

$G_{\text{тххj}}$ - споживання палива на годину при роботі агрегату на холостому ході на j -ій передачі;

ξ_{pj} – коефіцієнт використання тягового зусилля енергозасобу на j -ій передачі.

Положимо, що на тієї ж самої j -ій передачі у другому варіанті сільськогосподарського знаряддя за рахунок зменшення тягового опору прямо пропорційно зменшується величина коефіцієнта використання тягового зусилля. В такому випадку абсолютна різниця в годинній витраті палива буде становити:

$$\Delta G_{\text{трв}} = (G_{\text{тнj}} - G_{\text{тххj}}) \cdot (\xi_{\text{pj}1} - \xi_{\text{pj}2}), \quad (5.10)$$

де $\xi_{\text{pj}1}$ і $\xi_{\text{pj}2}$ - коефіцієнт використання тягового зусилля енергозасобу на j -й передачі в 1 та 2 варіанті використання с.-г. знаряддя.

Величина питомого економічного ефекту ΔE_{Π} з урахуванням (5.10) буде дорівнювати:

$$\Delta E_{\Pi} = \Delta G_{\text{трв}} / W_{\text{га/год}}. \quad (5.11)$$

Економія від збільшення річного наробітку енергозасобу ΔE_{Π} можна оцінити з позиції зменшення собівартості одиниці наробітку:

$$E_n = \frac{3}{t_{\text{нар}}} \left(\frac{1}{W_{\text{га/год}2}} - \frac{1}{W_{\text{га/год}1}} \right), \quad (5.12)$$

де 3 – річні витрати на виконання основного обробітку ґрунту вказаним чизельно-полицевим робочим органом, грн;

t – зональний річний наробіток сільськогосподарського знаряддя, год.

Підвищити продуктивність роботи енергозасобу можна за рахунок збільшення швидкості його руху при одночасному зниженні тягового навантаження. Це співвідношення можна виразити через коефіцієнти використання тягового зусилля.

Робочу швидкість агрегату визначають, виходячи з величини його тягового опору на конкретній передачі, користуючись тяговою характеристикою трактора або за допомогою відповідної розрахункової формули., км/год

$$V_{\text{рв1}} = V_{\text{рнj}} + (V_{\text{ххj}} - V_{\text{рнj}})(1 - \xi_{\text{рj1}}),$$

$$V_{\text{рв2}} = V_{\text{рнj}} + (V_{\text{ххj}} - V_{\text{рнj}})(1 - \xi_{\text{рj2}}), \quad (5.13)$$

де $V_{\text{ххj}}$ - швидкість руху агрегату на холостому ході при включеній j -й передачі, км/год;

$V_{\text{рнj}}$ - номінальна робоча швидкість руху енергозасобу відповідно на j -й передачі, км/год.

Враховуючи рівняння для розрахунку годинної продуктивності роботи машинно-тракторного агрегату залежність (5.12) з урахуванням (5.13) прийме вид:

$$E_n = \frac{3}{t_{нар}} \left(\frac{1}{0,1 \cdot K \cdot (V_{рнj} + (V_{ххj} - V_{рнj})(1 - \xi_{рj2}) \cdot \tau)} - \frac{1}{0,1 \cdot K \cdot (V_{рнj} + (V_{ххj} - V_{рнj})(1 - \xi_{рj1}) \cdot \tau)} \right),$$

де K – ширина захвату технологічної частини МТА, м;

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни.

Оцінимо економічний ефект від зменшення тягового опору чизельно-полицевого робочого органу для наступних за наступних умов: глибина обробітку $h = 0,25$ м; швидкість руху зняряддя $V = 2$ м/с; фізико механічні властивості ґрунту – кути внутрішнього і зовнішнього тертя $\varphi_1 = 22^\circ$ і $\varphi_2 = 30^\circ$; щільність ґрунту $\rho = 1,4$ т/м³; питоме зчеплення частинок ґрунту $C_{уд} = 1,8$ кН/м²; параметри культурного лемішного корпусу плуга – висота полиці $H = 0,35$ м; ширина леза лемеша $B = 0,4$ м; кут нахилу лемеша до стінки борозни $\gamma_0 = 40^\circ$; кут відвалювання $\varphi = 75^\circ$; кут у основи лемеша $\varepsilon = 60^\circ$; кут різання лемеша $\alpha_p = 35^\circ$, задній $\theta = 12^\circ$; параметри площадки затуплення леза лемеша $z = x = 0,002$ м; коефіцієнт ковзання $\psi = 0,73$; конструктивні параметри - $x_0 = 0,25$ м; $a_3 = 0,05$ м; коефіцієнти використання тягового зусилля енергозасобу $\xi_{р1} = 0,9$.

Результати розрахунків представимо у вигляді таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники ефективності використання чизельно-полицевого робочого органу без польової дошки

Найменування показника	Значення для варіанту виконання чизельно-полицевого знаряддя	
	із польовою дошкою	без польової дошки
1. Зональне річне завантаження, год	480	480
2. Тяговий опір корпусу с.-г. знаряддя, кН	5,300	5,116
3. Підвищення продуктивності роботи (за рахунок пропорційного збільшення швидкості руху), %	-	4,65
4. Зменшення витрати енергоресурсів (палива), %	-	4,0
5. Економічний ефект від економії енергоресурсів та збільшення річного наробітку, грн/га	-	22,0

З аналізу табл. 5.1. випливає, що використання чизельно-полицевого знаряддя в якому, за рахунок складного лемеша та наявності чизельного робочого органу, відсутні польові дошки через економію енергоресурсів дозволяє на кожному гектарі оброблювальної площі заощаджувати щонайменше 22 грн/га.

Висновок по розділу

Зниження тягового опору сприяє підвищенню продуктивності роботи на 4,65% за рахунок пропорційного збільшення швидкості руху та дозволяє зменшити витрату енергоресурсів (палива) на 4%. Внаслідок цього економічний ефект у вигляді економії палива та збільшення річного наробітку складає 22 грн/га. Таким чином, варіант знаряддя без польової дошки є більш ефективним з точки зору енергоощадності та підвищення продуктивності.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Запропоноване для використання чизельно-полицеве знаряддя характеризується широкими технологічними можливостями, зокрема: чизелювання ґрунту з формуванням гребенистого дна борозни; чизелювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів і додатковим розпушуванням верхнього шару ґрунту; чизелювання з глибоким розпушуванням ґрунту; чизелювання ґрунту з обертом і додатковим розпушуванням верхнього шару на глибину 0,10-0,15 м; чизелювання ґрунту з обертом на різній глибині і додатковим розпушуванням верхнього шару, формуванням на поверхні протиерозійних гребенів; комплексна обробка і розпушування ґрунту на глибину 0,10-0,15 м; «класичне» щілювання ґрунту з повним підрізанням бур'янів.

3. Зменшити енерговитрати при роботі чизельно-полицевого робочого органу для основного обробітку ґрунту можливо, якщо, за відсутності польової дошки, використати леміш у формі трикутного робочого органу. Поперечні складові реакцій останнього і полиці спрямовані у різному напрямку. При цьому, умовою стабілізації тягових навантажень чизельно-полицевого робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині є нульова сума обертаючих моментів реакцій опору різанню ґрунту навколо його стояка.

3. Запропонована методика дозволяє обґрунтувати геометричні параметри лемеша для чизельного-полицевого с.-г. знаряддя, за яких буде досягнутий ефект стабілізації його тягових навантажень у поздовжньо-горизонтальній площині.

4. За результатами проведених теоретичних досліджень встановлено, що вплив ширини кожної з ділянки лемеша (b_1 та b_2) на величину реакції опору різанню ґрунту (F_{P1} та F_{P2}) носить прямо пропорційний характер. Збільшення ширини однієї ділянки лемеша - збільшує і величину опору різанню ґрунту. При цьому, відповідне зменшення ширини іншої ділянки лемеша – відповідно зменшує вказану силу з іншого боку. Оскільки сумарний опір різанню ґрунту лемешем залежить від суми величин b_1 та b_2 , то при

відносній зміні останніх сумарний опір різанню ґрунту лемешем не змінюється.

5. Вплив ширини кожної з частин лемеша b_1 і b_2 на величини a_1 , a_2 відстаней (пліч) від т.О до точки прикладання відповідної діючої сили носить прямо пропорційний характер. Збільшення горизонтальної проекції ширини лемеша l – збільшує і величину пліч a_1 та a_2 , але характер такого впливу не є прямо пропорційним. Наприклад, із зміною l в 3 рази, відстані a_1 та a_2 змінюються лише на 12-28%. Тому, суттєво вплинути на стабілізацію тягових навантажень знаряддя у поздовжньо-горизонтальній площині шляхом збільшення геометричних габаритів лемеша не є ефективним.

6. Домогтися умови стабілізації тягових навантажень чизельно-полицевого робочого органу у поздовжньо-горизонтальній площині можна, якщо ширина першої ділянки лемеша з гострим кутом атаки буде більшою за ширину другої ділянки з тупим кутом атаки ($b_1 > b_2$). Ступінь такої нерівнозначності залежить від інших конструктивно-технологічних параметрів знаряддя та фізико-механічних властивостей ґрунту.

7. Обґрунтовано технологічний процес основної обробки ґрунту агрегатом у складі трактора ХТЗ-160, який агрегується із чизельно-полицевим с.-г. знаряддям по схемі (2-х корпусний передній та 3-х корпусний задній плуги). При цьому очікуються більш кращі показники машиновикористання нового інноваційного агрегату, зокрема, продуктивність роботи агрегатом становить 1,16 га/год, а питомі витрати пального 18,5 кг/год.

8. Використання чизельно-полицевого знаряддя в якому, за рахунок складного лемеша та наявності чизельного робочого органу, відсутні польові дошки, через економію енергоресурсів дозволяє на кожному гектарі оброблювальної площі заощаджувати щонайменше 22 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кравчук В., Погорілий В., Шустік Л. Новітні техніко-технологічні рішення для різних систем обробітку ґрунту і сівби при вирощуванні зернових культур. Техніка і технології АПК. 2010. №7(10). С. 9-14.
2. Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П. Використання техніки в АПК: підручник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 268 с.
3. Надикто В.Т., Улексін В.О. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. 270 с.
4. Улексин В.А. Мостовое земледелие. Монографія. Днепропетровск: Пороги, 2008. 224 с.
5. Надикто В.Т., Мітков В.Б., Кувачов В.П. та ін. Експлуатація блоково-модульних машино-тракторних агрегатів: посібник-практикум для виконання лабораторних робіт. Мелітополь: Люкс, 2020. 120 с.
6. Чорна Т. С., Кувачов В. П., Мітков В. Б. Механізовані технології виробництва сільськогосподарської продукції (рослинництво): Навчальний посібник-практикум для виконання лабораторних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» спеціальності 208-Агроінженерія. Мелітополь: Люкс, 2020. 120 с.
7. Аналіз можливостей зменшення енергоємності оранки плугом / С.І. Шмат, К.Д. Матвєєв, П.Г. Лузан, Ю.В. Мачок. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. 2003. Випуск 33. С. 277-280.
8. Надикто В., Аюбов А., Кувачов В., Ігнат'єв Є. Удосконалене агрегаткування. *The Ukrainian Farmer*. 2020. № 10. С.46-48.
9. Kuvachov V., Kiurchev S., Nurek T. et all. Scientific bases of increase movement smoothness of the machine-tractor units on base of modular power means. Monograph. Warszawa. 2021. 136 p.

10. Mitkov V., Kiurchev S., Nurek T. et all. Scientific bases of the combined units aggregation based on arable and row-crop tractor (second edition). Monograph. Warszawa. 2021. 150 p.

11. Кувачов В.П. Теслюк Г.В. Стабілізація тягових навантажень чизельно-полицевого робочого органу. Науковий вісник ТДАТУ. 2015. Вип.5, т.1. С.21-30.

12. Кувачов В.П. Оцінка стійкості руху ширококолієвих енерготехнологічних засобів механізації сільськогосподарського виробництва. Праці ТДАТУ. 2015. Вип. 15, т.3. С. 204-210.

13. Конащук В.В. Перспективи використання плуга-букера в системі точного (мостового) землеробства. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. 2011. Вип. 93. С.46-50.

14. Теоретичне дослідження стійкості руху комбінованого машинно-тракторного агрегату / В.М. Булгаков, В.В. Адамчук, Э.А. Петриченко, В.Т. Надикто, В.П. Кувачов. Вісник аграрної науки. 2017. №5. С. 37-44.

15. Конащук В.В. Особливості конструкції та польові дослідження плуга – букера. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Вип. 107. 2011. С. 36-38.

16. Рогач Ю.П., Зоря М.В. Дослідження закономірностей виникнення виробничих небезпек та травмонебезпечних ситуацій в аграрному секторі економіки України. Забезпечення цивільної безпеки в сучасних умовах: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (26-30 квітня 2021 р., м. Мелітополь, Україна). 2021. С. 79-83.

17. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.

18. Рогач Ю.П., Гранкіна О.В., Вітер Г.Ю. Охорона праці: навчальний посібник. Мелітополь: ТДАТА, 2007. 160 с.

19. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування: ДСТУ 4397:2005. К., 2005.

20. Ковбаса В. П. Обґрунтування напрямків досліджень зниження енергомісткості корпусів плугів / В. П. Ковбаса, В. П. Курка, К. М. Думенко // Вісн. аграр. науки Причорномор'я. – 2010. – Вип. 3 (54). – С. 178–183.

21. Василенко М. Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин / М. Василенко // Пропозиція. – 2012. – № 12. – С. 86–92.

22. Ковальчук І.М., Петренко О.В., Сидоренко В.П. Охорона праці у сільському господарстві: навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2020. 184 с.

23. Шаповал Н.М., Козлов О.І., Мороз Т.П. Охорона праці та безпека життєдіяльності: навчальний посібник. Дніпро: Вид-во ДНУ, 2018. 200 с.

24. Типові норми продуктивності машин і витрат палива на передпосівному обробітку ґрунту: Економічні нормативи / В. В. Вітвіцький, І. В. Лобастов, М. Ф. Кисляченко та ін.; Україн. н.-д. ін-т продуктивності агропромислового комплексу. – К.: Укראгропромпродуктивність, 2005. – 672 с.

25. Головчук А. Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: у 3 кн.: підручник. Кн. 3. Машини сільськогосподарські / А. Ф. Головчук, В. І. Марченко, В. Ф. Орлов; за ред. А. Ф. Головчук. – К. : Грамота, 2005. – 576 с.

ДОДАТКИ