

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗАЦІЇ
ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ І
КОНСТРУКЦІЇ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА**

Виконав: студент групи Мз-1-18

_____ Сошніков Дмитро Миколайович

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро 2023

А Н О Т А Ц І Я

Сошніков Д.М. Удосконалення процесу механізації вирощування кукурудзи і конструкції чизельного плуга/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 73 с.

Розроблено конструкція чизельного плуга і проведені розрахунки основних параметрів і режиму роботи удосконаленого знаряддя. Визначено основні технологічні показники обробітку ґрунту із застосуванням удосконаленого чизеля.

Приведений аналіз охорони праці в господарстві і розроблено заходи по поліпшенні стану в господарстві. Економічний ефект від використання удосконаленого процесу механізації і знаряддя для обробітку ґрунту становить 1209366 грн., а затрати окупаються протягом першого року експлуатації.

Ключові слова: кукурудза, ґрунт, чизельний плуг, параметри, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ВИМОГИ ДО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.	9
2 СУЧАСНІ МАШИНИ ДЛЯ БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.	13
3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА.	22
3.1 Особливості конструкції сучасних чизелів.	22
3.2 Обґрунтування схеми удосконалення чизельного плуга.	26
4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА.	30
4.1 Обґрунтування конструктивної схеми машини і її робочих органів.	30
4.2 Технологічні розрахунки.	33
4.2.1 Визначення критичної глибини різання.	33
4.2.2 Визначення ширини міжрядь.	34
4.2.3 Конструктивна і робоча ширина захвату знаряддя.	34
4.2.4 Заглиблення в ґрунт робочих органів плуга.	36
4.3 Енергетичні розрахунки.	39
4.3.1 Розрахунок тягового опору плуга.	39
4.3.2 Визначення тягової потужності.	41
4.3.3 Питомий опір чизельного плуга.	41
4.3.4 Коефіцієнт корисної дії (ККД) плуга.	41
4.4 Конструктивні розрахунки та розрахунки на міцність.	41
4.4.1 Визначення висоти стояка робочого органу.	41
4.4.2 Визначення мінімального числа лап, які працюють в суцільному середовищі.	43
4.4.3 Рівновага плуга.	43
4.4.4 Розрахунок запобіжника.	47
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.	52
5.1 Охорона праці при вирощуванні кукурудзи.	52
5.2 Розробка технологічної карти контролю агрегату.	56
5.3 Рекомендації по поліпшенню умов праці.	58
6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	72
Д О Д А Т К И.	74

ВСТУП

Перед хліборобами цілого світу дедалі гостріше постає проблема здешевлення виробництва харчів, повнішого використання природного потенціалу землі і рослин. Йдеться не лише про збереження природних ресурсів, а й про їх відтворення і примноження.

Нині в світовому землеробстві найбільш надійним шляхом отримання прибутку в сільському господарстві є підвищення валового збору продукції з одиниці площі за рахунок використання природного та генетичного потенціалу агробіоценозів та одночасного зменшення собівартості продукції шляхом економії використання енергетичних, людських та природних ресурсів. Це стає можливим при використанні новітніх технологій при дотриманні технологічної дисципліни [1].

Технологія вирощування сільськогосподарських культур в умовах ринку – це товар, який може значно підвищити продуктивність сільськогосподарських культур, зменшити собівартість вирощеної продукції та зробити її конкурентоспроможною на внутрішньому та світовому ринках.

Технології вирощування культур включають три ланки системи землеробства: обробіток ґрунту, удобрення культур, захист рослин. Три інших ланки системи землеробства – сівозміни, насінництво і техніка – при цьому повинні бути в оптимумі. В цій сукупності ланок системи землеробства й розробляються технології вирощування культур, які виступають товаром.

Останнім часом при вирощуванні сільськогосподарських культур все більшого застосування набуває система безплужного обробітку, яка має ряд значних переваг перед традиційною системою обробітку ґрунту з оборотом пласта. Системи безплужного обробітку залежать від набору культур сівозміни, їх попередників, ґрунтово-кліматичних умов,

забур'яненості поля, характеру збирання попередника, наявності необхідної техніки в господарстві.

Дуже важливо враховувати особливості ґрунтово-кліматичної зони, вміст гумусу в ґрунті, податливість ґрунту до ущільнення, рівень залягання ґрунтових вод, наявність та ступінь солонцюватості, щербюватості, зволоженість території та вологість ґрунту під час обробітку. Все це впливає на набір технологічних операцій у системі ґрунтозахисного безплужного обробітку ґрунту, глибину його проведення, підбір техніки, комплектування агрегатів.

Основні переваги безплужного обробітку ґрунту такі:

1. Використання ґрунтозахисних технологій вирощування культур, базованих на безплужному та „нульовому” обробітку, забезпечує поліпшення поживного режиму й агрофізичних властивостей ґрунтів та захист їх від ерозії.

2. Використання захисної ролі рослинності і її післяжнивних решток для захисту ґрунтів від руйнування дощовими краплями, поверхневим стоком та вітром.

3. Підсилення ґрунтозахисної ролі рослинності і забезпечення розширеного відтворення родючості ґрунтів внесенням рослинних решток (нетоварної частини врожаю), які на 30-50% зменшують навантаження на агроценози мінеральними добривами.

4. Мінімізація обробітку ґрунту з метою зменшення механічної дії на нього тракторів, ґрунтообробних машин і знарядь.

5. Використання безплужного обробітку і гербіцидів призведе через 5-8 років до звільнення верхнього 5-10-сантиметрового шару ґрунту від потенційної забур'яненості, сприятиме економії коштів, що витрачаються на гербіциди в середньому до 1000 грн/га.

6. Використання здатності ґрунту до відтворення саморегуляції ґрунтової родючості шляхом відновлення сезонної циклічності всіх ґрунтових процесів.

7. Забезпечення раціональної структури посівних площ і чергування культур у сівозміні з урахуванням обробітку ґрунту без обертання скиби і мульчування його поверхні.

8. Посів культур і сортів найбільш пристосованих до обробітку без обертання скиби з урахуванням наявності на поверхні ґрунту мульчі з рослинних решток.

Реалізація цих передумов дозволить не тільки отримати перевагу у вигляді приросту урожаю культур, а й забезпечити захист ґрунтів від ерозійних процесів та антропогенної деградації, економію металу, пального, затрат праці, зменшити на 50% витрати мінеральних добрив та пестицидів [1].

Метою даного дипломного проекту є удосконалення процесу механізації вирощування кукурудзи і удосконалення конструкції чизельного плуга.

1 ВИМОГИ ДО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

В систему основного обробітку ґрунту входять декілька технологічних операцій: луцення (дискування), оранка, плоскорізний обробіток, чизелювання (рис. 1.1).

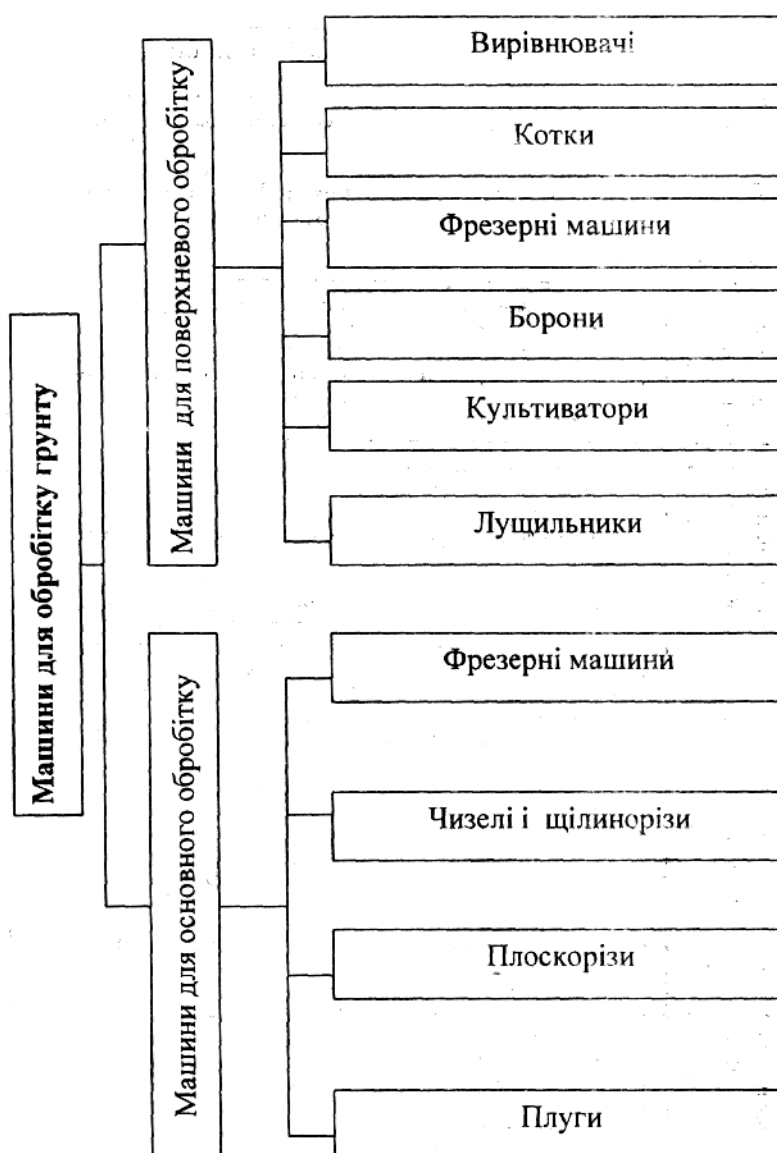


Рисунок 1.1 - Класифікація машин для обробітку ґрунту

Система заходів обробітку ґрунту під кукурудзу є одним із головних складових в загальному ланцюгу технологічних прийомів їх вирощування.

Розроблені і науково обґрунтовані агротехнічні вимоги по всіх технологічних операціях обробітку ґрунту під цю культуру.

Луцнення стерні дисковими луцильниками повинно забезпечувати:

- рихлення верхнього шару ґрунту (вміст грудочок ґрунту розміром від 1 до 5 см повинно бути не менше 90%);
- рівномірну глибину обробітку (відхилення від заданої глибини не більш як 2 сантиметри в ту чи іншу сторону);
- рівну поверхню розпушеного поля і повне підрізання попередника та бур'янів; подрібнення поживних залишків і часткове загортання їх в ґрунт або рівномірне розміщення по поверхні ґрунту (без валків);
- перекриття суміжних проходів агрегату на 10 –20 см. Пропуски і огріхи не допускаються.

При луцненні стерні лемішними луцильниками:

- глибина обробітку повинна бути рівномірною, відхилення від заданої глибини луцнення не повинно перевищувати 2 сантиметра;
- підрізання бур'янів має бути повним;
- загортання поживних останків в ґрунт на глибину 7-8 см, рівномірна висота гребнів обробленого поля.

Оранка є основною операцією обробітку ґрунту. Агротехнічні вимоги до оранки наступні: до роботи приступають, коли проросла основна маса бур'янів і виконані попередні операції; відхилення від заданої глибини оранки ± 1 см, а від ширини захвату плуга не більше 1%; допустима висота гребнів і ширина борозни складає не більше 7 см; поворотні смуги повинні бути розораними.

Виходячи із цих вимог потрібно вибирати систему прийомів і виконувати операції по основній підготовці ґрунту, причому таким чином, щоб поступово шляхом окультурювання підвищувати її родючість.

В основних зонах вирощування кукурудзи застосовують дві системи підготовки ґрунту поліпшену і напівпарову [8].

Поліпшений обробіток ґрунту включає луцнення стерні дисковими луцильниками на глибину 5-6 см зразу ж після збирання попередника, через

8 – 14 днів після цього –повторне дискування дисковими боронами на глибину 14 –16 см в агрегаті з боронами, а при засушливих умовах з кільчасто-зубчастими катками, пізно (вересень - жовтень) глибоку оранку.

Мілкий обробіток ґрунту забезпечує дрібногрудочковий стан поверхневого шару, знижує інтенсивність випаровування і створює умови для проростання бур'янів, котрі потім знищуються наступними операціями обробітку ґрунту.

При глибокій оранці підтримують рухливий стан орного шару до самих весняних робіт, що сприяє інтенсивному накопиченню вологи за рахунок опадів і талої води. Разом з тим система має недоліки. Шар ґрунту очищений в деякій мірі від бур'янів поверхневим обробітком, при оранці переноситься в низ, а на поверхню виноситься шар ґрунту з насінням бур'янів, котрі в вересні жовтні проростають.

Напівпаровий обробіток ґрунту включає лушення стерні дисковими лушильниками в один два сліди на глибину 5-6 см зразу ж після обробітку попередника: ранню глибоку оранку (кінець липня –перша половина серпня), поверхневий обробіток по мірі проростання бур'янів.

При напівпаровій системі основної підготовки ґрунту поверхневий шар очищується від насіння бур'янів. Поверхневий обробіток і глибоке без відвальне рихлення забезпечує високу степінь кришіння ґрунту поліпшує властивість ґрунту, інтенсивному поглинанню талої води рівномірному прогріванню і досяганню ґрунту а в весняний період , створює гофровану поверхню поля (висота гребня 3-6см).

Ефект від напівпарової системи обробітку ґрунту як метод боротьби з бур'янами в засушливі роки трохи знижується. Однак в цих випадках мало ефективні і інші методи обробітку. При такій системі обробітку зменшується накопичення вологи в ґрунті, що зв'язано з інтенсивним випаровуванням із рихлого шару при ранній оранці і зниження вологопроникності ґрунту до періоду осінніх дощів.

В розвитку технологій обробітку ґрунту і в створенні ґрунтообробної техніки намітились наступні основні напрямки їх подальшого покращення [10]:

- перехід від традиційних способів обробітку ґрунту до мінімальних з метою зниження шкідливого впливу ґрунтообробних агрегатів і машин на ґрунт та зниження затрат праці і палива;
- впровадження ґрунтообробної, протиерозійної технології в зонах підвладних впливу вітрової і водяної ерозії;
- чизелювання ґрунту з ціллю знищення щільної плужної підшви на глибині 35–50 см;
- підвищення швидкості руху і ширини захвату агрегатів;
- застосування машин з активними робочими органами;
- створення комбінованих агрегатів для поєднання різних технологічних операцій обробітку ґрунту, посіву, внесення добрив;
- створення сімейств уніфікованих машин;
- збільшення номенклатури змінних робочих органів до ґрунтообробної техніки (корпусів відвальних плугів для оранки ґрунту на різноманітну глибину і в залежності від швидкості; культиваторних і чизельних робочих органів - стрілчастих лап, пружинних і жорстких розпушувачів, плоских, сферичних, вирізних дисків і інші). Змінні робочі органи роблять машину більш універсальною [10].

2 СУЧАСНІ МАШИНИ ДЛЯ БЕЗПОЛИЦЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Поряд з полицевим в Україні все більше і більше застосовують безполицевий обробіток ґрунту, який є базовим у ґрунтозахисній технології обробітку. В степовій зоні України стратегічним напрямком є зерновиробництво. Хлібні злаки не вимагають для оптимального росту, розвитку і формування високого врожаю глибоко розпушеного орного шару, для них достатня глибина основного обробітку 12–14 см і не є обов'язковим перевертання скиби [3].

Багаторічна практика землеробства в степовій зоні України свідчить, що зменшення глибини обробітку ґрунту є одним з основних факторів мінімізації його обробітку, зниження енергоємності операцій і збереження вологи. Тому ґрунтообробні знаряддя для підготовки площі під зернові колосові як озимі так і ярі, а це майже 50% орних земель, конструюються з розрахунку на максимальну глибину розпушування 14–16 см, завдяки чому ширина захвату агрегатів збільшується до повного завантаження потужності тракторів. Для виконання цієї операції найбільш придатні насамперед:

- культиватор-плоскоріз ПРН-4,1 (Сімферопольський РМЗ);
- культиватор важкий КН-7,2 (ВАТ Одессільмаш);
- культиватори важкі КТК-8 і КТС-6,4; КОП-7 (ЗАТ Дніпроагромаш);
- культиватори важкі КГС-8М та КПЕ-6Н (ВАТ Донецькточмаш);
- культиватор важкий протиерозійний КВП-7,4 (Шепетівка) та ін.

Серед закордонних виробників техніки для безполицевого обробітку ґрунту найбільш відомі і поширені сільськогосподарські машини фірми LEMKEN, KUHN, RAU, BUGNOT і ін. Вони розробляють і виготовляють різні типи машин – від культиваторів, чизелів, щілерізів до комбінованих ґрунтообробних машин без обороту шару ґрунту (рис. 2.1 – 2.7).

*a**б*

Рис. 2.1 – Культиватор для обробітку ґрунту фірми BUGNOT
із задньою (*a*) і передньою (*б*) навіскою на трактор

На схилових землях та на ґрунтах з важким механічним складом, в тому числі і на землях замкнених низин (подових землях) мілкий обробіток під зернові колосові бажано поєднувати із щілюванням.

Особливо важливо в плані накопичення вологи в ґрунті, зменшення втрат енергоносіїв, скорочення термінів виконання робіт, збереження екологічної ситуації – застосування комбінованих агрегатів. Це блочно-модульний агрегат АГ-4 (ВАТ „Одессільмаш), який дозволяє на одній рамі машини використовувати різні набори знарядь і робочих органів, комбіновані агрегати АКШ-3,6 та АКШ-5,4 (ВАТ „Хмільниксільмаш), який виконує за один прохід всі операції обробітку ґрунту під посів. Дані агрегати укомплектовані плоскорізними односторонніми лапами, оснащені вихляючими дисками та гнучкою обертовою бороною, яка додатково розпушує, вирівнює ґрунт, знищує і викидає на поверхню бур'яни.

Продуктивність агрегату АКШ-3,6 становить до 6 га/год, агрегату АКШ-5,6 – до 10 га/год за питомої витрати палива не більше 15 кг/га. Агрегати забезпечують глибину обробітку ґрунту до 20 см. Основні технічні характеристики вітчизняних культиваторів представлені в таблиці 2.1 і 2.2.

Рисунок 2.2 – Щілювання ґрунту агрегатом з машиною Labrador
фірми LEMKEN

Деякі заводи України розробили і виготовляють комбіновані агрегати за аналогами деяких зарубіжних машин даного типу західноєвропейських фірм. Так, заводом „Галещина машзавод” за останні роки розроблено і нині налагоджено випуск цілого ряду машин для безполицевого обробітку ґрунту – „Агро-2”, КШН-5,6, КШН-3, КШН-2,2 [4]. Знаряддя з дисковими робочими

Рисунок 2.3 – Чизельний плуг Toras 140-7 фірми LEMKEN

Рисунок 2.4 – Комбінований ґрунтообробний агрегат Combi-Liner
фірми LEMKEN

органами, які змонтовані на окремих стояках – БГН-6, БГН-4, БГД-2,4. Аналогічний агрегат виготовляють на заводі „Білоцерківсільмаш” – АГД-2,3.

Рисунок 2.5 – Комбінований ґрунтообробний агрегат фірми
RAU AGROTECHNIC

Рисунок 2.6 – Комбінований ґрунтообробний агрегат фірми
AGRISEM INTERNATIONAL

Заводи „Агромаш” (Київ) та „Червона зірка” (Кіровоград) виготовляють ґрунторозпушувачі ГРН-3,9, які забезпечують пошарове розпушування ґрунту на глибину 20-22 см, а також їх можна використовувати для культивації.

АТ „Борекс” (м. Бородянка) розробило й рекомендувало до виробництва комбінований ґрунтообробний агрегат АКГ-4, який задовільно агрегатується з тракторами класу 3 і якісно виконує технологічний процес.

Таблиця 2.1 - Коротка технічна характеристика вітчизняних
культиваторів [5]

Показник	КПН-8	КГР-6	КЛД-2	АКШ-3,6	АКШ-5,6	КУН-3	КУН-6,3
Агрегативання, (клас трактора)	3,0 8	3,0 6	1,4 2	3,0 3,6	5,0 5,6	1,4 3	1,4 6,3
Конструкційна ширина захвату, м	4,8 6,2	5,71 9,5	2 – 2,25 До 10,7	1,5 – 4 6	3 – 6 6	2,4 – 4,5	4,96 – 9,3
Продуктивність, га/год	-	3,2	2,1 –	-	-	До 10	До 10
Робоча швидкість, км/год	6 - 12	До 16	3,0	5 - 20	5 - 20	-	-
Гребнистість поля, см			8 - 9			6 - 16	6 - 16
Глибина обробітку, см							

Таблиця 2.2 - Коротка технічна характеристика вітчизняних
культиваторів КПС-КПЕ [5]

Показник	КПС-6,6	КПС-7,1	КПС-7,4	КПС-8,1	КПС-9,5	КН-3,8-12	КПН-4
Агрегативання, (клас трактора)	3,0 6,6	3,0 7,1	3,0 7,4	3,0 8,1	5,0 9,5	1,4; 3,0 3,8	1,4 4
Конструкційна ширина захвату, м	До 6,6 10	До 7,1 10	До 7,4 До 10	До 8,1	До 9,5	3,38 9,0	2,4 – 4,8
Продуктивність, га/год	3,9	3,9	3,9	10	10	5,5	6,2
Робоча швидкість, км/год	8 - 17	8 - 17	8 - 17	3,9	3,9	4 - 12	-
Гребнистість поля, см				8 - 17	8 -		6 - 12
Глибина обробітку, см					17		

Таблиця 2.3 - Коротка технічна характеристика культиваторів [5]

Завод-виробник	Шепетівський завод культиваторів					ВАТ „Галещина маш-завод”	
	АПБ-6	КГ-4	УКР-5,6	КПШ-8	КФ-5,4	КШН-5,6 „Резидент”	ККП-6 „Кординен”
Марка культиватора							
Агрегатується, (клас трактора)	3,0 6	1,4 4	1,4 5,6	3,0 8	1,4 5,4	3,0 5,6	3,0 6
Конструкційна ширина захвату, м	5,4 До 16	До 4,8	До 5,0 6 - 16	До 8 4 - 12	2,4 – 3,9	4,48 – 5,6 6 - 16	4,8 – 6 2 - 15
Продуктивність, га/год		5 -			До 8		
Глибина обробітку, см		12					

Таблиця 3.4. Основні показники затрат при різних системах обробітку ґрунту [6]

Затрати, USD на 1 га	Класична система	Система зменшеного обробітку	Система збереження родючості	Нульовий обробіток
Паливо	18,70	13,63	7,26	5,34
Експлуатація обладнання	8,15	7,33	5,85	2,05
Гербіциди	23,81	23,81	23,81	33,96
Азотні добрива	66,93	66,93	66,93	102,25
Всього:	117,59	111,70	103,85	143,60
Всього економія затрат в по-рівнянні з використанням класичної системи	0,00	5,89	13,74	-26,01

Рисунок 2.7 – Комбінований ґрунтообробний агрегат HRB 302 фірми KUNN з різними робочими органами

Мінімальний обробіток ґрунту (прямий висів) найприйнятніший для зон, ґрунти яких схильні до вітрових ерозій та недостатнього запасу вологи, - зони Степу та Півдня України. Проте використання такої технології можливе і в інших зонах України, залежно від кліматичних умов. Основні показники затрат при застосуванні різних систем обробітку ґрунту показані в таблиці 2.4.

Чизельні плуги також призначені для розпушення ґрунту з поглибленням орного шару, безполицевого обробітку ґрунту та для глибокого розпушення схилів.

Робочими органами плугів є стрілчасті і долотоподібні лапи. Розміщують їх на рамі з кроком 40 і 50 см. Глибина обробітку стрілчастими лапами 20-30 см, а долотоподібними – 30–45 см [7].

Плуг ПЧ-2,5 складається з п'яти робочих органів, рами з начіпним пристроєм, двох опорних коліс та підставок. На рамі плуга можуть встановлюватись долотоподібні або стрілчасті лапи. Робочі органи розміщені у два ряди. При роботі плуга долото розпушувача шириною 70 мм підрізує і піднімає вгору шар ґрунту, а стояк та обтічники розсувають його і розпушують.

Стрілчасті лапи мають ширину захвату 270 мм. Встановлюють їх для підрізання бур'янів та більш інтенсивного розпушування ґрунту. Глибину обробітку регулюють гвинтовими механізмами опорних коліс.

Як відомо, фірма LEMKEN є першою серед заводів – виробників ґрунтообробної техніки, що створила таку конструкцію безполицевого агрегату, який дає змогу за один прохід подрібнити пожнивні рештки, рівномірно перемішати їх з ґрунтом, вирівняти та ущільнити ґрунт, підготувати його для посіву зернових культур [9]. До того ж, цей агрегат є допоміжним засобом для боротьби з бур'янами механічним способом: робочі органи культиватора виносять на поверхню бур'яни разом із кореневою системою і подрібнюють їх.

Серед закордонних виробників чизельних плугів всесвітньо відома фірма Howard Rotowator [8] (Великобританія), яка випускає чизельні плуги Paraplan з розпушуючими робочими органами і нахиленими стояками.

При обробці ґрунту чизельними плугами не створюється ґрунтова підшва, покращується аерація ґрунту, зберігається і накопичується волога.

Таким чином, в умовах степової зони України необхідно проводити мінімальний обробіток ґрунту і в тому числі безполицевий. Це дає позитивний

результат для підвищення урожайності культур, зменшення затрат і збереження родючості ґрунту.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА

3.1 Особливості конструкції сучасних чизелів

Чизельні плуги призначені для розпушення ґрунту з поглибленням орного шару, безполицевого обробітку ґрунту та для глибокого розпушення схилів.

Робочими органами плугів є стрілчасті і долотоподібні лапи. Розміщують їх на рамі з кроком 40 і 50 см. Глибина обробітку стрілчастими лапами 20–30 см, а долотоподібними – 30–45 см [6].

Плуг ПЧ-2,5 складається з п'яти робочих органів, рами з начіпним пристроєм, двох опорних коліс та підставок. На рамі плуга можуть встановлюватись долотоподібні або стрілчасті лапи. Робочі органи розміщені у два ряди. При роботі плуга долото розпушувача шириною 70 мм підрізує і піднімає в верх шар ґрунту, а стояк та обтічники розсувають його і розпушують.

Стрілчасті лапи мають ширину захвату 270 мм. Встановлюють їх для підрізання бур'янів та більш інтенсивного розпушування ґрунту. Глибину обробітку регулюють гвинтовими механізмами опорних коліс.

Чизельний плуг-глибокорушувач моделі 915 фірми John Deere призначений для безполицевого розпушення ґрунту на глибину нижче шару оранки - до 60 см (рис. 3.1). Плуг обладнано V - подібною рамою з перерізом бруса 127 x 178 x 9,5 мм - для моделі з 5 або 7 стояками робочих органів і з перерізом бруса 178 x 178 x 127 мм - для моделі з 7, 9, 11 або 13 стояками. Стояки робочих органів монтуються на брусі з проміжком між ними 50, 63 і 76 см. Кліренс під рамою становить 101 см, що забезпечує якісну прохідність плуга при великій кількості рослинних залишків. Для підрізання коренів бур'янів стояки робочих органів обладнано додатковими під ґрунтовими ножами шириною 266 мм з кожного боку стояка.

Чизельні знаряддя захватом завширшки 2,1 - 3,3 м, що випускає фірма Кігру, призначені для основного обробітку ґрунту, розпушування і поглиблення горизонту оранки на глибину 40 – 50 см, а також для витягання середніх і великих каменів із горизонту оранки. Плуг Кігру - начіпне знаряддя з дворядним розташуванням робочих органів, причому робочі органи підресорені, що дає можливість виглиблення при зіткненні з перешкодою, а після проходу - знову заглиблюватись на задану глибину. Двохбрусну раму знаряддя виготовлено із труб квадратного перерізу 120x120x8 мм. На ній розташовано 5; 7; 9 або 11 робочих органів (рис. 3.2).

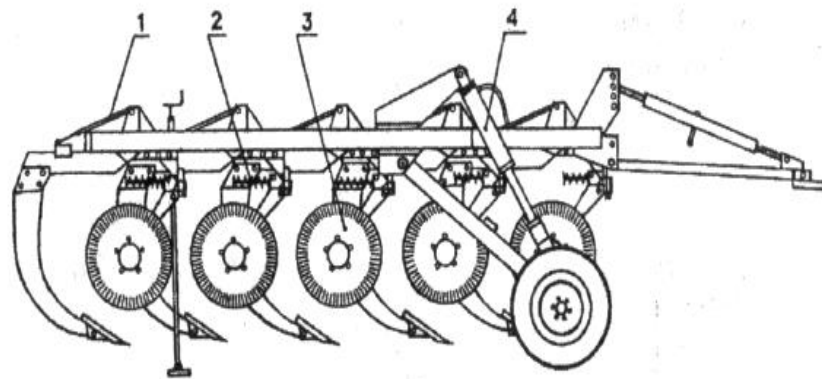


Рисунок 3.1- Чизельний плуг-глибокорозпушувач моделі 915:

1 - механізм заглиблення лапи після подолання перешкоди; 2 - механізм навантаження дискового ножа; 3 - дисковий ніж із гофрованим ребром; 4 - гідроциліндр підйому опорних коліс

Основними елементами плуга-розпушувача "Paraplow" (рис. 3.3) англійської фірми Howard є рама, трьох точковий механізм кріплення знаряддя до трактора, робочі органи, кронштейни кріплення робочих органів до рами, дискові ножі, опорно-регульовальне колесо, механізм регулювання колеса. На рамі змонтовано всі вузли і деталі знаряддя. Кріплення робочого органу до рами здійснюється двома кронштейнами і накладною пластиною, що забезпечує зміну міжряддя в діапазоні 350-500 мм. Ширина зони деформації похилими робочими органами в 1,25 - 1,45 рази перевищує глибину обробітку ґрунту (при нормальній або зменшеній вологості), тому при розпушуванні на

глибину 35-40 см оптимальним міжряддям є 500 мм.

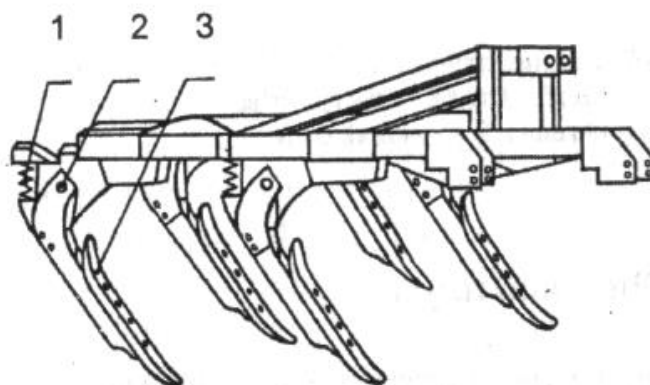


Рисунок 3.2- Чизельний плуг Кігру: 1 - ресора; 2 - шарнір; 3 - змінне оборотне долото

Плуг-розпушувач "Paraplow" експортується в країни Європи, США, Австралію.

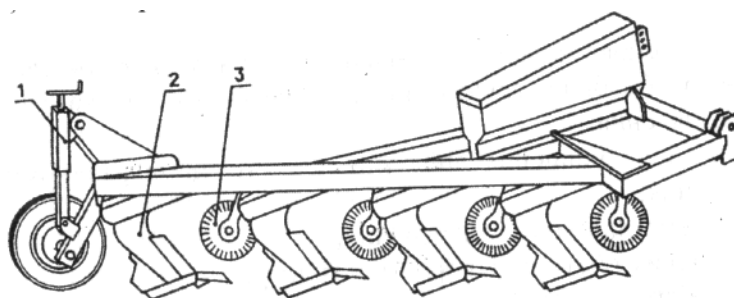


Рисунок 3.3 - Плуг-розпушувач "Paraplow": 1 - регулятор глибини оранки; 2 - стояк чизеля; 3 - дисковий ніж

При обробці ґрунту чизельними плугами не створюється ґрунтова підшва, покращується аерація ґрунту, зберігається і накопичується волога.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва приносить з собою крім позитивних явищ і негативні, які проявляються в деяких погіршеннях властивостей ґрунту. Основною проблемою є ущільнення ґрунту, яке виникає внаслідок різних природних і штучних дій. Ущільнені ґрунти відрізняються більш високою об'ємною масою, низькою пористістю, що ускладнює аерацію для проникнення води, повітря. Одночасно підвищується опір ґрунту при його

обробці, ускладнюється підготовка ґрунту до посіву, урожаї культур знижуються або залишаються на одному і тому ж рівні.

Основні штучні фактори ущільнення ґрунту – важкі сільськогосподарські машини і трактори, маса яких постійно збільшується, недостатня глибина оранки, зайві проїзди машин, транспортування в полі при підвищеній вологості ґрунту, обробіток ґрунту при невідповідній вологості, недостатнє внесення в ґрунт органічної маси, вирощування монокультур, невідповідний склад мінеральних добрив.

Культурні рослини можуть добре рости і розвиватися тільки при сприятливих фізичних, хімічних і біологічних умовах. Тому утримання ґрунту в рихлому стані при визначеному ущільненні має важливе значення для одержання високого о урожаю.

Для ґрунтів середнього механічного складу щільність ґрунту 1,6-1,7 г/см³ є критичною, при якій ріст і розвиток рослин неможливий.

При багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину більше 50 % ґрунтів зазнають ущільнення підорного шару робочими органами ґрунтообробних знарядь [8].

Ущільнення умовно розділяють на: верхнє (в шарі орного горизонту); плужну підшву (в шарі нижче орного горизонту); ущільнення підорного горизонту (в шарі нижче плужної підшви). Плужною підшвою називають ущільнення ґрунту в шарі, розміщеному нижче проходу лез робочих органів знарядь. Вона починається безпосередньо після границі обробленого шару. Внаслідок ущільнення цей шар ґрунту містить мінімальну кількість пор. В залежності від конструкції робочих органів, маси знаряддя, кількості обробок на одну і ту ж глибину, ступені вологості і механічного складу ґрунту товщина шару плужної підшви може складати 12-17 см [8].

Коріння рослин не може пробити ущільнений шар ґрунту (плужну підшву) і проникнути в нижні шари. Якщо провести спостереження під час вегетаційного періоду, то на рослинах, які вирощуються при затяжному періоді посухи, раніше, ніж на інших ділянках з'являються ознаки в'ялості,

хоч нижні шари ґрунту мають ще достатньо вологи. Це пояснюється тим, що коріння рослин не може досягнути води з глибших шарів ґрунту, так як повітря і волога надходять до рослин по порах, ущільнення нижніх шарів впливає на проникнення води і повітря в усі шари ґрунту.

Якщо сумарна кількість пор, їх форми і розміри зменшуються або змінюється під дією ущільнення, то це чинить опір створенню оптимального співвідношення між повітрям і вологою в ґрунті, і разом з тим забезпеченню сприятливих умов росту і розвитку культурних рослин.

При глибокому обробітку ґрунту чизельними знаряддями плужна підшва руйнується. Внаслідок чого створюються сприятливі умови для оптимального-водно-повітряного балансу. В сильно засушливий період коріння рослин може проникати глибше і використовувати вологу з нижніх шарів ґрунту, а при підвищеному рівні опадів зайва волога з верхніх шарів ґрунту може надходити в нижні шари. При цьому випаровування вологи з верхніх шарів ґрунту різко зменшується, створюються сприятливі співвідношення між повітрям і водою в ґрунті і разом з тим оптимальні умови для росту культурних рослин.

Чизельне знаряддя навіть при багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину не сприяє інтенсивному утворенню плужної підшви в ґрунті. Це пояснюється тим, що їх робочі органи мають порівняно малу ширину захвату, а відповідно і малу площу опори на ґрунт по глибині ходу.

На чистих від бур'янів ділянках, наприклад після збирання цукрових буряків і картоплі, глибоке чизелювання може успішно замінити глибоку оранку. Ефективно застосовувати чизельні знаряддя з метою затримання ґрунтової вологи на схилах. При цьому рихлення проводиться поперек схилу.

3.2 Обґрунтування схеми удосконалення чизельного плуга

Відомо, що одною з найгостріших проблем сучасного землеробства стала прогресуюча деградація земель, що обробляються. Це негативне явище

охопило й українські чорноземи. Так, за останні десятиріччя, через неправильне використання земель середній вміст гумусу в ґрунті, як основного фактору родючості чорноземів, знизився на 30–50%, а потужність гумусного горизонту зменшилась на 10–15 см. Все це є наслідком застосування багатьох сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які засновані на багаторазових проходах по полю усе більш важких машинно-тракторних агрегатів, що призводить до руйнування структури ґрунтів, інтенсивного розпилення верхніх та ущільнення їх нижніх шарів.

Суттєвою причиною, яка призводить до прискорення деградації чорноземів є переущільнення ґрунтів. Проходи по полю важких орних агрегатів та інших сільськогосподарських машин сприяють ущільненню ґрунту та призводять до руйнування його структури. Переущільнення проникає і у нижні шари, які знаходяться за межами досяжності ґрунтообробних знарядь загального призначення. Таким чином, щільність орного і підорного горизонтів значно підвищилась, а на ріллі з'явилися важкі брили, які дуже погано піддаються розпушуванню.

В той же час, без обробітку ґрунту неможливо забезпечити високу культуру у рільництві та отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур. Тому розв'язання будь-яких технологічних завдань стосовно вирощування сільськогосподарських культур повинно бути пов'язане, насамперед, з «бережливим» режимом дії на ґрунт, із знаходженням шляхів збереження родючості ґрунтів, з покращенням агротехніки вирощування сільськогосподарських культур. Для забезпечення таких бережливих та енергозберігаючих режимів обробітку ґрунту останнім часом з'явилося багато нових технологій з використанням машин з безполицевими робочими органами під різноманітними назвами, а саме: ресурсозберігаюча, енергозберігаюча, екологічне чиста, тощо, які спрямовані на можливість зняти гострі проблеми деградації ґрунтів. Отже, для збереження родючості ґрунтів, особливо при обробітку середніх та важких чорноземів, зменшення енерговитрат та здешевлення технологічного

процесу підготовки ґрунту під сівбу, у світі пішли по шляху безполицевого обробітку ґрунту з використанням як одно операційних машин так і комбінованих агрегатів.

Слід признати, що лемішно-полицеві плуги сьогодні на жаль залишаються ще в нашій країні як основні знаряддя для обробітку ґрунту. Оскільки оранка ними сприяє більш швидкому розкладанню органічних речовин, це й приваблює багатьох агрономів та механізаторів, але вони майже не звертають уваги на те, що оранка полицевими плугами веде до втрати гумусу в орному шарі ґрунту. Крім того, робота таких плугів супроводжується значним тиском лемішів та полиць (близько 800–1000 кПа) на ґрунт, що є вище навіть за контактний тиск, який створюють своїми рушіями трактори та сільгоспмашини. Це призводить до утворення плужної підшви і ущільнення окремих агрегатів (грудок) ґрунту. Дослідами встановлено, що при роботі плугів щільність ґрунту у таких грудках стає в 1,24 рази більше, ніж до обробітку, а твердість ґрунту дна борозни у 1,5–2,0 рази більша, ніж до проходу плуга. Тому світова практика показує, що шлях впровадження ґрунтозахисних технологій лежить в першу чергу через освоєння безполицевого способу обробітку ґрунту, так званого мінімального.

При мінімальному обробітку ґрунту вартість робіт і витрати енергії зменшуються, а екологічно небезпечний рівень ґрунту знижується. Але й у безполицевих робочих органів є свої суттєві екологічні недоліки, які проявляються тим сильніше, чим глибше проникає він у ґрунт.

Безполицеві робочі органи чим глибше проникають у ґрунт, тим нерівномірніше розпушують його по глибині: верхня його частина виявляється неприпустимо грудкуватою.

В системі ґрунтозахисного землеробства перевагу має чизельний обробіток, який виконується фронтальними плугами різних модифікацій (ПЧ-2,5, ПЧ-4,5, ПЧ-6, ПЧ-10.01, АЧП-3, ПКЧ-(4+1)-50М, Chip, STF-5–250 та ін) або чизельними культиваторами Conser Till Plow, Horsch Tiger MT, Cultiplow Gold у режимі недорізування скиби по ширині захвату знаряддя. Чизелювання

завдяки строкатості нанорельєфу, наявності рослинних решток і стрічковому розущільненню ґрунту упереджує розвиток ерозії, забезпечує додаткове накопичення 190–230 м³/га продуктивної вологи, на якісно новому рівні вирішує проблему підвищення ефективності органічних і мінеральних добрив. Універсальність, висока мобільність і широкозахватність чизельних знарядь забезпечують економію часу, палива (5–7 л/га) і коштів (20–32%).

Отже, певні переваги безполицевого обробітку ґрунту у порівнянні з полицевим наукою і практикою доведені. Але постає при цьому нова задача: як удосконалити безполицевий обробіток, щоб підвищити якість розпушування ґрунту і як розширити універсальність його використання. Під підвищенням якості розпушування ґрунту мається на увазі те, щоб при збільшенні глибини ходу безполицевого робочого органу не збільшувалась грудкуватість у верхньому шарі поля. Під розширенням універсальності машин з безполицевими робочими органами мається на увазі те, щоб такі машини могли якісно готувати ґрунт під сівбу за один прохід як на чистому полі, так і на засміченому рештками рослин після збирання врожаю, а також щоб вони при необхідності могли загортати органічні добрива і рослинні рештки ґрунтом на певну глибину. Ці задачі в дипломному проекті пропонується вирішити шляхом розробки комбінованого ґрунтообробного агрегату, який являє собою поєднання чизельного плуга ПЧ-2,5 і кільчастого котка.

Кільчастий коток, який приєднаний до чизельного плуга руйнує брили, утворені його лапами, подрібнює і сприяє загортанню в ґрунт рослинних залишків, ущільнює нижній і мульчує верхній шар ґрунту і таким чином підготовлює його під посів кукурудзи за один прохід агрегату.

4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА

4.1 Обґрунтування конструктивної схеми машини і її робочих органів

При однорядній схемі розміщення робочих органів вони розміщені на одній балці. Таке розміщення може бути застосоване головним чином при створенні чизельних знарядь для рихлення ґрунту в міжряддях. Для глибокого суцільного обробітку ґрунту така схема непридатна, так як при малій ширині міжрядь знаряддя забивається ґрунтом і рослинними рештками.

Виходячи з умов господарства, існуючого наукового та практичного досвіду ми зупинились на дворядній стрілоподібній схемі розміщення робочих органів (рис. 4.1).

Стрілоподібна дворядна схема розміщення робочих органів по лінії, направленої під деяким кутом β до напрямку руху агрегату дозволяє залишати великий простір між робочими органами по ширині захвату. Внаслідок цього забезпечується вільний прохід ґрунту і рослинних решток вздовж знаряддя при достатній ширині міжряддя M і визначеному вильоту лап відносно одна одної L .

Крім того, невелика маса рами і її довжина дозволяють створити нескладну конструкцію начіпного чизельного знаряддя для тракторів різних класів тяги з пристроєм для допоміжного кришення ґрунту і вирівнювання поверхні поля.

Як показали випробування існуючих аналогів, найменше забивання знаряддя спостерігалось при напівкруглій формі профілю поперечного перерізу стояків робочих органів. В цьому випадку рослинні рештки внаслідок тертя з ґрунтом легко сповзають з гладкої поверхні лобової сторони стояків і робочі органи не забиваються.

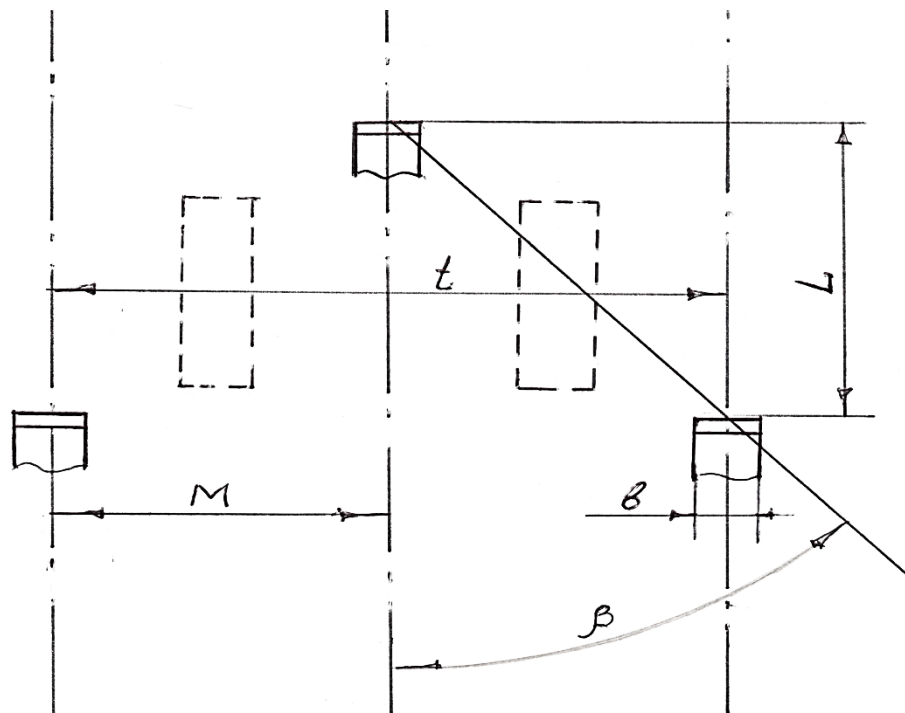


Рисунок 4.1 - Схема розміщення робочих органів знаряддя

Тому для розробленого знаряддя приймаємо напівкруглу форму профілю поперечного перерізу стояків робочих органів (рис. 4.2).

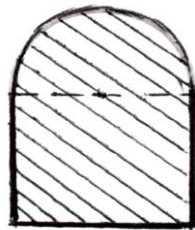


Рисунок 4.2 - Профіль поперечного перерізу стояків робочих органів

Згідно результатів випробувань найменший тяговий опір чизельного плуга був одержаний при роботі з лапами з шириною захвату $\epsilon = 0,05$ м, але якість рихлення ґрунту цими лапами була незадовільна.

Тяговий опір чизельного плуга з лапами шириною захвату $\epsilon = 0,07$ м в порівнянні з лапами шириною $\epsilon = 0,05$ м виріс на 10,9 – 12,8 %. Але при цьому якість рихлення відповідала агротехнічним вимогам [8].

Відповідно до вищевказаного для проектної конструкції плуга

приймаємо ширину захвату лапи $b = 0,07$ м.

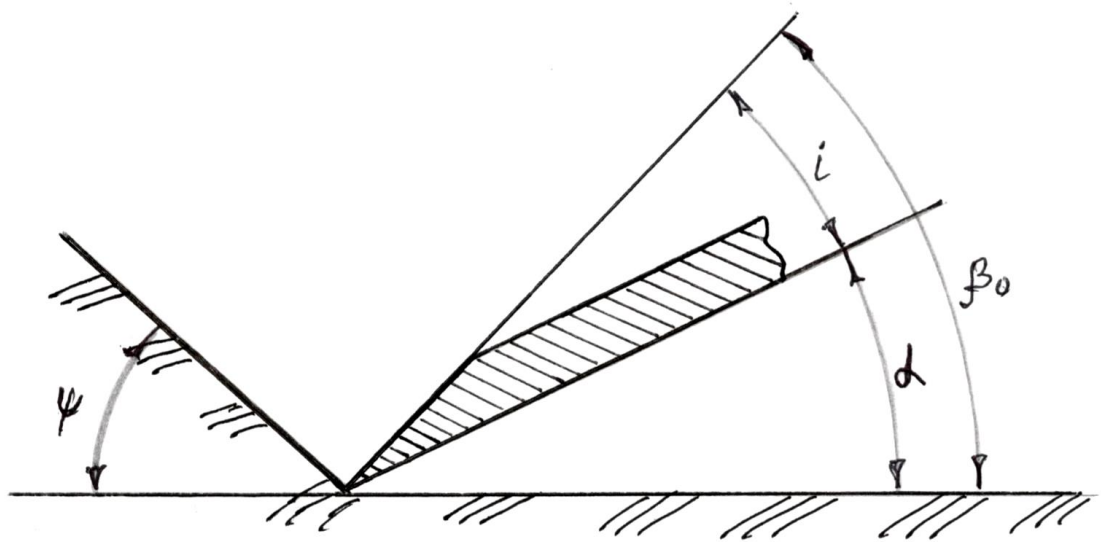


Рисунок 4.3 - Заточка розпушувальної лапи чизельного плуга

З метою забезпечення міцності леза долота і стійкого ходу по глибині передбачаємо верхню заточку леза долота. На рис. 4.3. приведена схема заточки розпушувальної лапи чизельного плуга. На цій схемі: i – кут заточки леза. Він знаходиться в межах $i = 20 - 22^\circ$ [8]. Приймаємо $i = 20^\circ$. β_0 - кут різання, він визначає заглиблюючу здатність лапи і знаходиться в межах $\beta_0 = 47-52^\circ$. α - кут кришення ґрунту. Виходячи із потрібної якості рихлення ґрунту і зниження тягового опору чизеля, кут кришення α повинен знаходитися в межах $\alpha = 25 - 30^\circ$ [8]. Приймаємо $\alpha = 27^\circ$. ψ - кут, який характеризує нахил площини сколювання пласта спереду леза. Його значення можна визначити за формулою:

$$\psi = 90 - \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}, \quad (4.1)$$

де φ - кут тертя ґрунту по сталі, $\varphi = 25^\circ$;

ρ - кут внутрішнього тертя, $\rho = 40^\circ$.

$$\psi = 90 - \frac{27 + 25 + 40}{2} = 44^\circ$$

4.2 Технологічні розрахунки

4.2.1 Визначення критичної глибини різання

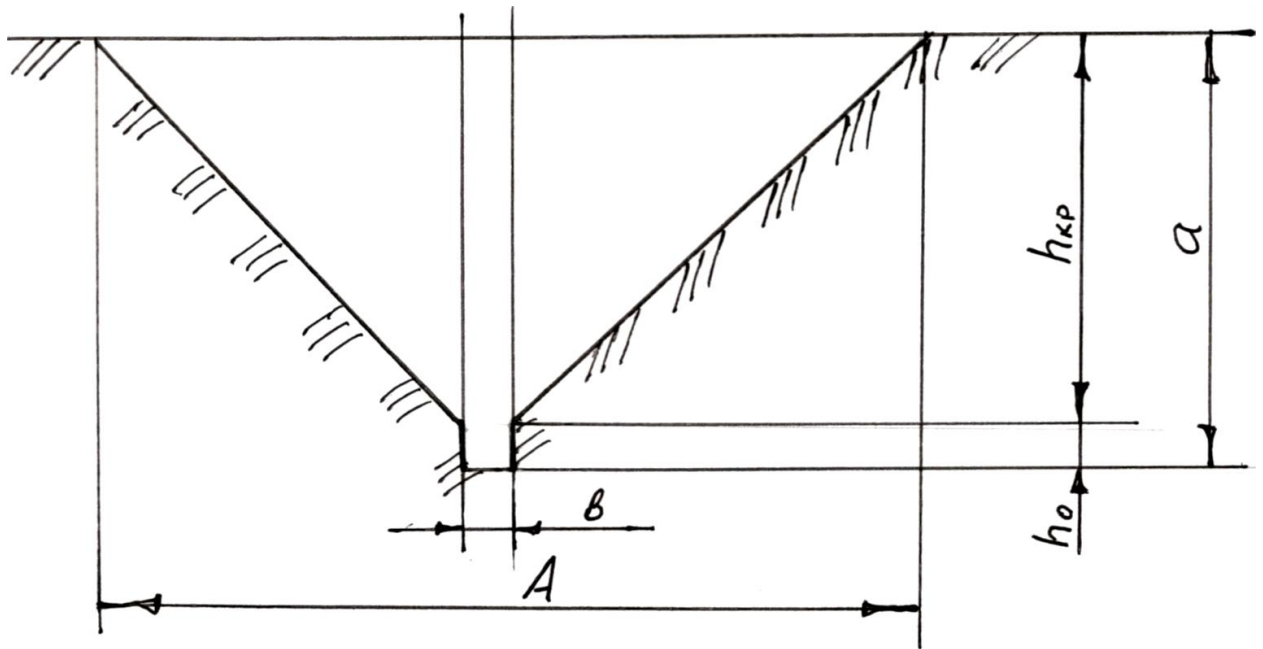


Рисунок 4.4 - Схема деформації ґрунту при роботі чизельної лапи

Критичну глибину різання визначаємо за формулою:

$$h_k = \mu_1 \cdot b, \quad (4.2)$$

де μ_1 - коефіцієнт, який виражає відношення критичної глибини різання до ширини захвату лапи, $\mu_1 = 5,0$.

$$h_k = 5 \cdot 0,07 = 0,35 \text{ м.}$$

Глибина блокованого різання h_o (без відділення ґрунтової стружки) визначається за формулою:

$$h_o = a - h_k, \quad (4.3)$$

де a – глибина обробітку, м.

Внаслідок багаторазових проходів машинно-тракторних агрегатів на глибині біля 30 см утворюється плужна підшва. Внаслідок цього коренева система рослин не може проникнути через плужну підшву, і тому не може отримати ґрунтову вологу з більш глибоких шарів ґрунту.

Для того щоб зруйнувати плужну підшву ми приймаємо глибину обробітку $a = 40$ см.

$$h_o = 0,4 - 0,35 = 0,05 \text{ м}$$

Зона деформації ґрунту з бокових сторін лапи A визначається за формулою:

$$A = 2 h_k \cdot b \quad (4.4)$$

$$A = 2 \cdot 0,35 \cdot 0,07 = 0,77 \text{ м.}$$

4.2.2 Визначення ширини міжрядь

Для того, щоб лапи не залишали на поверхні ґрунту необроблених смуг і щоб забезпечувалось суцільне рихлення ґрунту в верхньому шарі, потрібно виконання умови:

$$M < A \quad (4.5)$$

де M – ширина міжряддя.

Приймаємо $M = 0,55$ м.

4.2.3 Конструктивна і робоча ширина захвату знаряддя

Конструктивну ширину захвату чизельного знаряддя ми можемо визначити за формулою:

$$B_k = (n - 1) \cdot M + b, \quad (4.6)$$

де n – кількість чизельних лап, $n = 3$.

$$B_k = (3 - 1) \cdot 0,55 + 0,07 = 1,17 \text{ м.}$$

Робоча ширина захвату буде визначатись за формулою:

$$B_p = B_k + M - b \quad (4.7)$$

$$B_p = 1,17 + 0,55 - 0,07 = 1,65 \text{ м}$$

Ширина розпушеної смуги визначається за формулою:

$$B = B_k + 2a \quad (4.8)$$

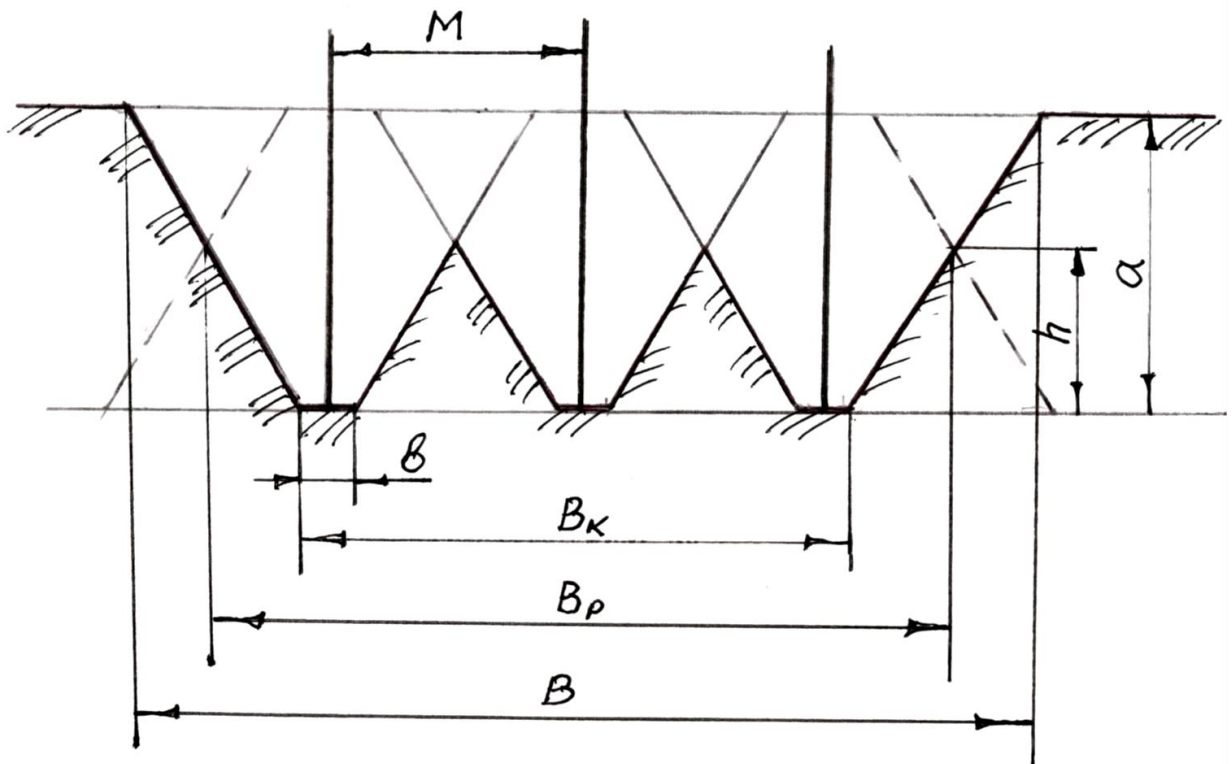


Рисунок 4.5 - Схема поперечного перерізу борозни для обґрунтування робочої ширини захвату чизельного плуга

$$B = 1,17 + 2 \cdot 0,4 = 1,97 \text{ м}$$

4.2.4 Заглиблення в ґрунт робочих органів плуга

Заглиблення в ґрунт робочих органів знаряддя відбувається під дією його особистої маси. Застосування примусового заглиблення в ґрунт робочих органів начіпних знарядь небажано, так як це призводить до виходу їх з ладу.

Скорочення довжини шляху заглиблення робочих органів в ґрунт є важливим фактором, який визначає якість обробленого поля і має найбільш суттєве значення при глибокому обробітку ґрунту.

Відповідно своєму призначенню чизельні плуги працюють на велику глибину, їх робочі органи працюють в ущільненому середовищі. В таких умовах роботи заглиблення робочих органів чизеля більш складне, ніж при оранці на невелику глибину.

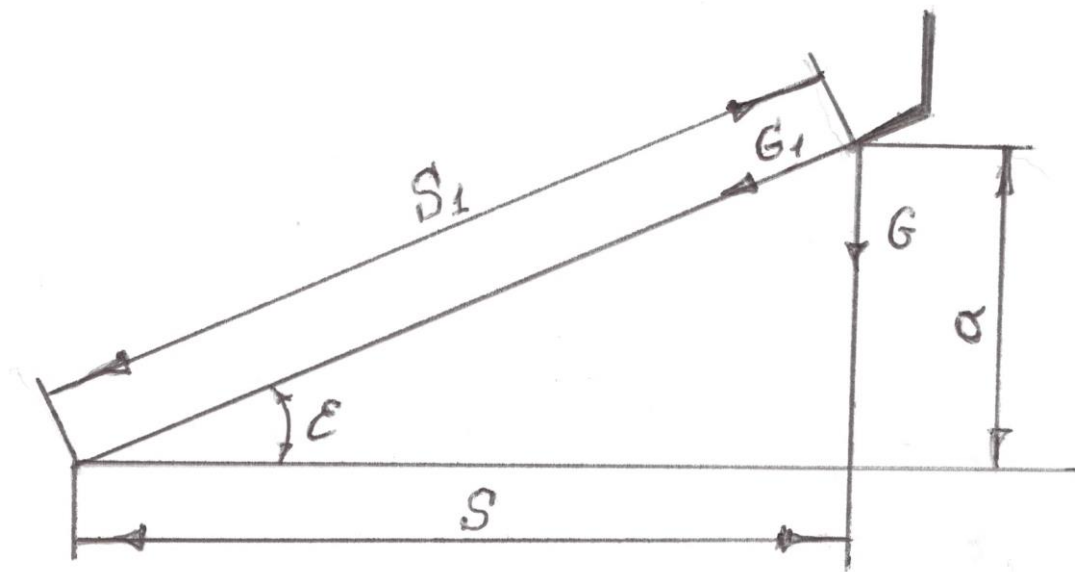


Рисунок 4.6 - Схема переміщення робочого органу знаряддя при заглибленні

Сила G_1 визначається за виразом [8]:

$$G_1 = G \cdot \cos(90^\circ - \varepsilon) = G \cdot \sin \varepsilon \quad (4.9)$$

де G – сила ваги плуга, кН.

Силу ваги визначаємо з аналогічних плугів по масі, яка приходить на одну чизельну лапу. Сила ваги плуга буде рівнятися 5,7 кН.

$\varepsilon = \beta^0$ – кут траєкторії заглиблення.

Робота заглиблення плуга буде визначатись за формулою:

$$W = S_1 \cdot G_1 \quad (4.10)$$

Підставивши значення з (4.9), одержимо:

$$W = S_1 \cdot G \cdot \sin \varepsilon \quad (4.11)$$

З іншого боку, роботу W можна визначити за виразом:

$$W = k' \cdot a \cdot b \cdot n, \quad (4.12)$$

де k' - коефіцієнт, який виражає втрати енергії на одиницю площі,

$$k' = 15 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2;$$

n – число робочих органів, $n = 3$;

b – ширина захвату робочих органів, $b = 0,07$ м;

a – глибина обробітку, $a = 0,4$ м.

Вирази (4.11) і (4.12) еквівалентні, тобто:

$$S_1 \cdot G \cdot \sin \varepsilon = k' \cdot a \cdot b \cdot n \quad (4.13)$$

З цього рівняння знаходимо значення S_1 :

$$S_1 = \frac{k' \cdot a \cdot b \cdot n}{G \cdot \sin \varepsilon} \quad (4.14)$$

$$S_1 = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,07 \cdot 3}{5,7 \cdot \sin 6^\circ \cdot 10^3} = 2,1 \text{ м}$$

Довжину шляху заглиблення S визначимо за теоремою Піфагора:

$$S = \sqrt{S_1^2 - a^2} \quad (4.15)$$

$$S = \sqrt{2,1^2 - 0,4^2} = 2,06 \text{ м}$$

Довжину шляху заглиблення плуга L_1 визначаємо по останньому робочому органі (рис. 4.7)

$$L_1 = L + S, \quad (4.16)$$

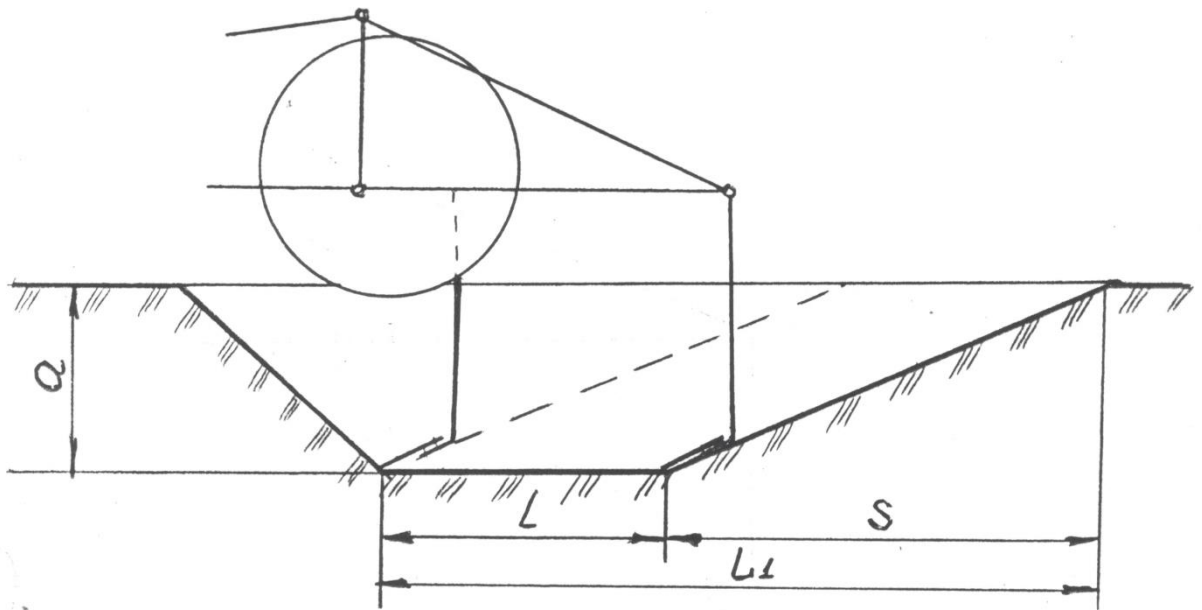


Рисунок 4.7 - Схема до визначення довжини шляху заглиблення в ґрунт плуга

де L – відстань між носками лап по ходу знаряддя, вона визначається по формулі:

$$L = a \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2} + l_0, \quad (4.17)$$

де l_0 – величина, яка визначається конструктивно, $l_0 = 400$ мм.

$$L = 0,4 \cdot \operatorname{tg} \frac{27^\circ + 25^\circ + 40^\circ}{2} + 0,4 = 0,81 \text{ м}$$

Приймаємо $L = 0,8$ м.

$$L_1 = 0,8 + 2,06 = 2,86 \text{ м}$$

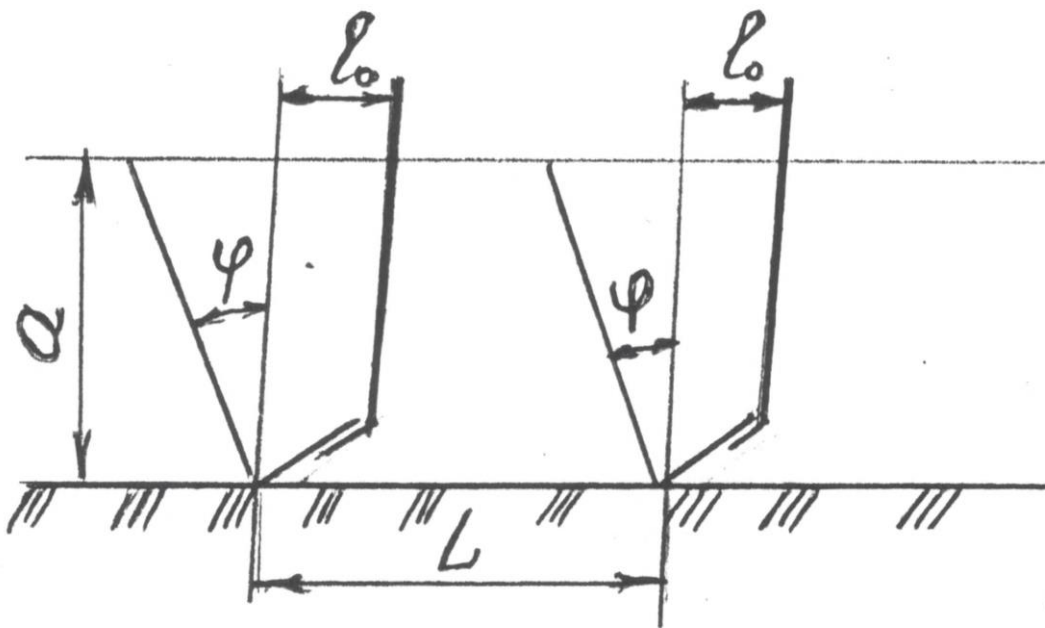


Рисунок 4.8 - Схема до визначення величини L

4.3 Енергетичні розрахунки

4.3.1 Розрахунок тягового опору плуга

Для розрахунку тягового опору плуга скористаємося формулою:

$$R_n = f \cdot G + K \cdot F_k, \quad (4.18)$$

де f – коефіцієнт опору руху плуга в борозні, $f = 0,4$ [8, с.33];

K – коефіцієнт, який характеризує здатність ґрунтового пласта чинити опір деформації, $K = 40$ кН/м² [8, табл. 3.1];

F_k – площа поперечного перерізу розпушеної частини пласта при обробітку ґрунту в шарі до критичної глибини різання, м². Визначається за формулою:

$$F_k = h_k \cdot B_k - F_1, \quad (4.19)$$

де F_1 – площа поперечного перерізу незруйнованих гребнів, м²:

$$F_1 = (n - 1) F_T, \quad (4.20)$$

де F_T – площа гребня трикутної форми висотою h , м²:

$$F_T = \frac{(M - b)^2}{4} \quad (4.21)$$

$$F_T = \frac{(0,55 - 0,07)^2}{4} = 0,06 \text{ м}^2$$

$$F_1 = (3 - 1) \cdot 0,06 = 0,12 \text{ м}^2;$$

$$F_k = 0,35 \cdot 1,17 - 0,12 = 0,28 \text{ м}^2$$

Підставивши відповідні значення в (4.18) ми можемо знайти тяговий опір розробленого чизельного плуга:

$$R_n = 0,4 \cdot 5,7 + 40 \cdot 0,28 = 13,48 \text{ кН.}$$

4.3.2 Визначення тягової потужності

Тягова потужність визначається за формулою:

$$N_n = R_n \cdot V_p, \quad (4.22)$$

де V_p – робоча швидкість руху чизельного плуга, $V_p = 2,2$ м/с.

$$N_n = 13,48 \cdot 2,2 = 29,7 \text{ кВт.}$$

4.3.3 Питомий опір чизельного плуга

Питомий вираз чизельного плуга визначимо за формулою:

$$K_y = \frac{R_n}{F_k}, \quad (4.23)$$

$$K_y = \frac{13,48}{0,28} = 48,1 \text{ кН/м}^2.$$

4.3.4 Коефіцієнт корисної дії (ККД) плуга

Коефіцієнт корисної дії чизельного плуга визначимо по такій формулі:

$$\eta_n = 1 - \frac{f \cdot G}{R_n} \quad (4.24)$$

$$\eta_n = 1 - \frac{0,4 \cdot 5,7}{13,48} = 0,83.$$

4.4 Конструктивні розрахунки та розрахунки на міцність

4.4.1 Визначення висоти стояка робочого органу

Висоту стояка робочого органу чизельного плуга (рис. 4.9) можна

визначити за формулою [8]:

$$H_c = h_1 + h_2 + a, \quad (4.25)$$

де h_1 – мінімальна висота від нижньої площини рами до поверхні розпушеного ґрунту під час роботи плуга. Для того, щоб рослинні рештки вільно проходили приймаємо $h_1 = 0,3$ м;

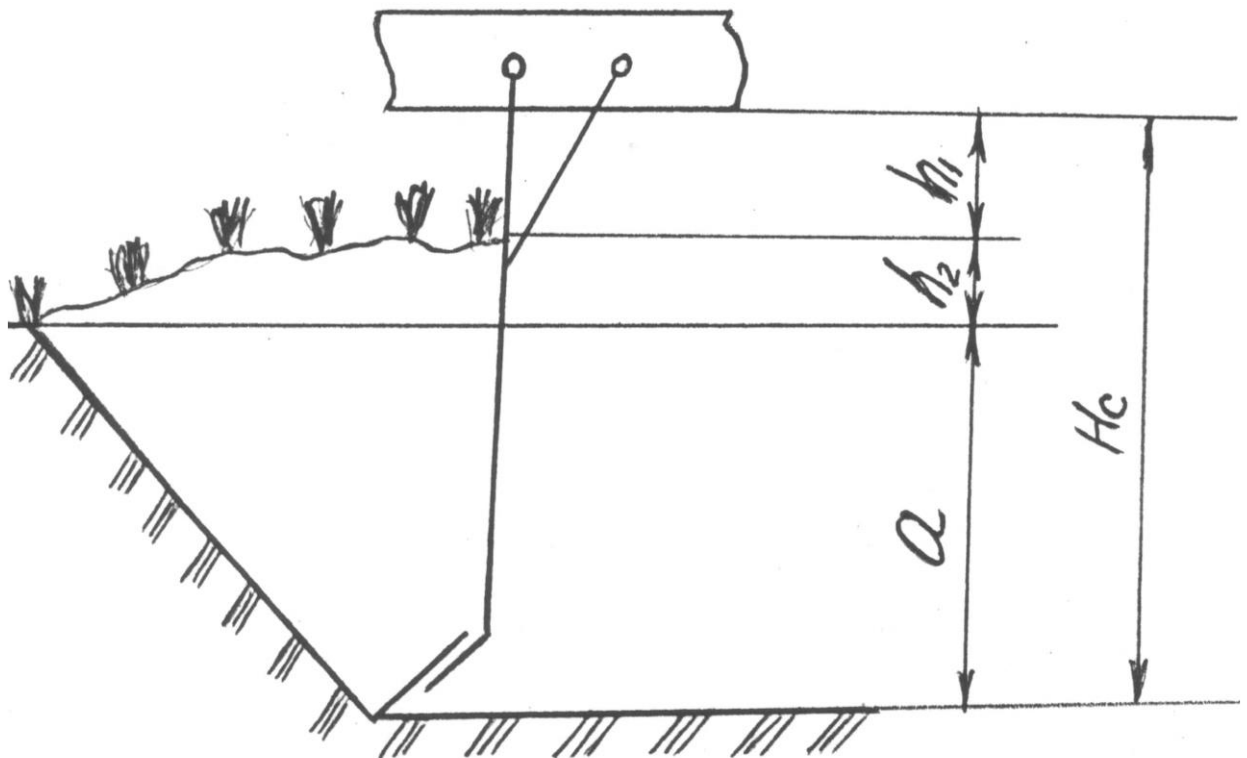


Рисунок 4.9 - Схема до визначення висоти стояка

h_2 – максимальна величина спущеного шару ґрунту:

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot a, \quad (4.26)$$

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,4 = 0,1 \text{ м}$$

$$H_c = 0,3 + 0,1 + 0,4 = 0,8 \text{ м}$$

4.4.2 Визначення мінімального числа лап, які працюють в суцільному середовищі

Для дворядної схеми розміщення робочих органів в шаховому порядку мінімальне число лап, які працюють в суцільному середовищі, можна визначити по формулі [8]:

$$n_c = \frac{n-1}{n_p}, \quad (4.27)$$

де n_p – число поперечних рядків на рамі, $n_p = 2$.

$$n_c = \frac{3-1}{2} = 1$$

4.4.3 Рівновага плуга

Для того, щоб плуг мав стійкий рух на необхідній глибині і ширині захвату, його потрібно обладнати опорними пристроями (колесами), число яких повинно бути не менше, ніж число ступенів свободи.

Начіпний чизельний плуг має дві ступені свободи, тому його обладнаємо двома колесами. Чизельний плуг має поздовжню вісь симетрії, тому умову його рівноваги потрібно розглядати в поздовжньо-вертикальній площині. Скористуємось графічним методом визначення рівноваги. Побудуємо схему плуга в вертикальній площині (рис. 4.10).

В поздовжньо-вертикальній площині на плуг діють слідуєчі сили: сила ваги плуга G ; реакція ґрунту на робочі органи $\sum R_{xz}$; реакція ґрунту на опорні колеса R_k і сила тяги R_{xz} .

За допомогою графічного методу потрібно визначити опорну реакцію R_k і рівнодіючу всіх сил опору R_{xz} .

Визначимо силу тягового опору однієї лапи за формулою:

$$R_x = \frac{R_n}{n}, \quad (4.28)$$

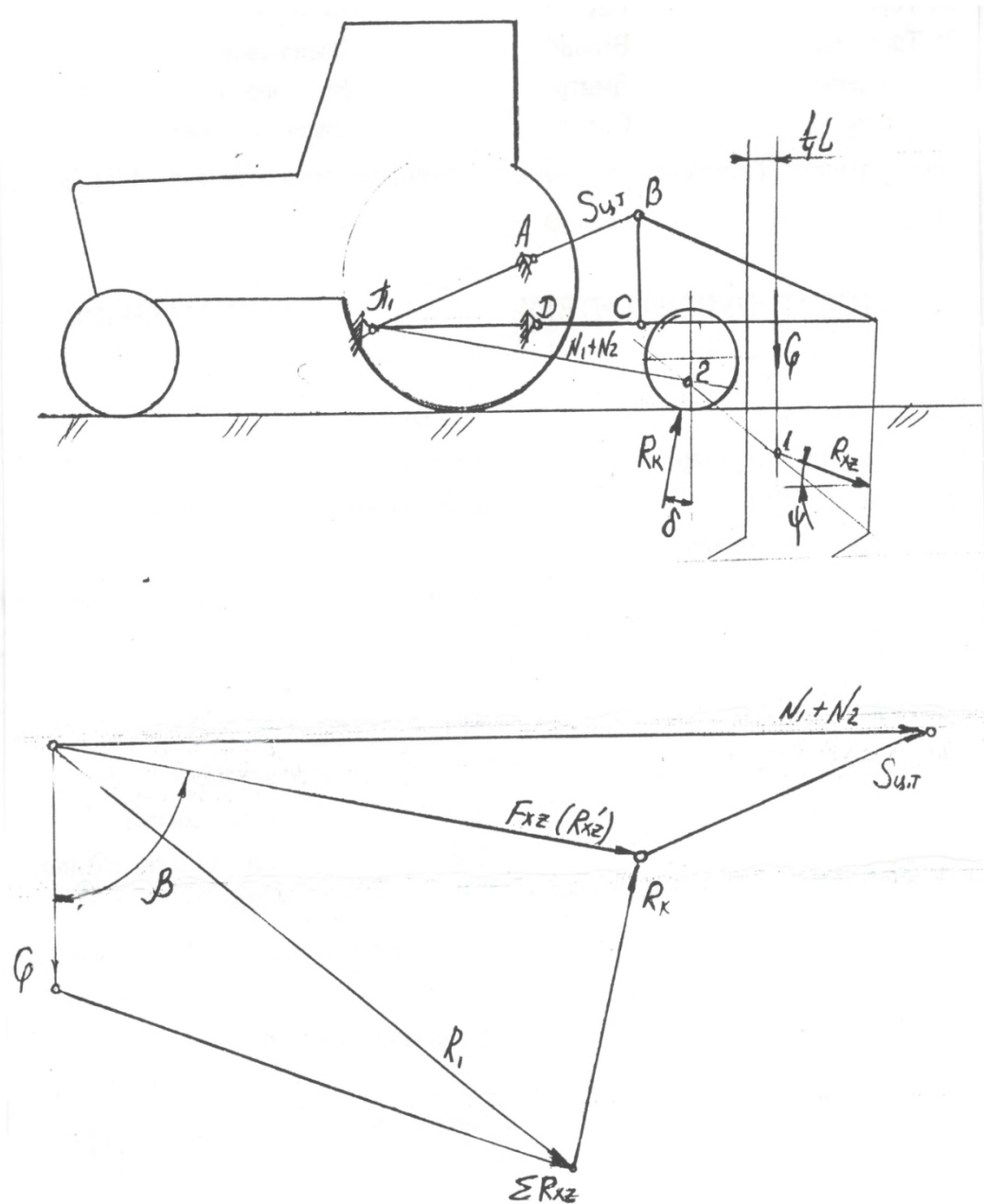


Рисунок 4.10 - Схема до визначення опорних реакцій чизельного плуга графічним методом

де R_n – тяговий опір плуга, $R_n = 13,48$ кН;

n – кількість робочих органів, $n = 3$.

$$R_x = \frac{13,48}{3} = 4,5 \text{ кН.}$$

Вертикальну складову цієї сили визначимо за формулою [10] (рис. 4.11):

$$R_z = R_x \cdot \operatorname{tg} \psi, \quad (4.29)$$

де ψ - кут напрямку сили R_x до горизонту, $\psi = 12^\circ$ [10, с.55].

$$R_z = 4,5 \cdot \operatorname{tg} 12^\circ = 0,96 \text{ кН.}$$

$$R_{xz} = \sqrt{R_x^2 + R_z^2} \quad (4.30)$$

$$R_{xz} = \sqrt{4,5^2 + 0,96^2} = 4,6 \text{ кН.}$$

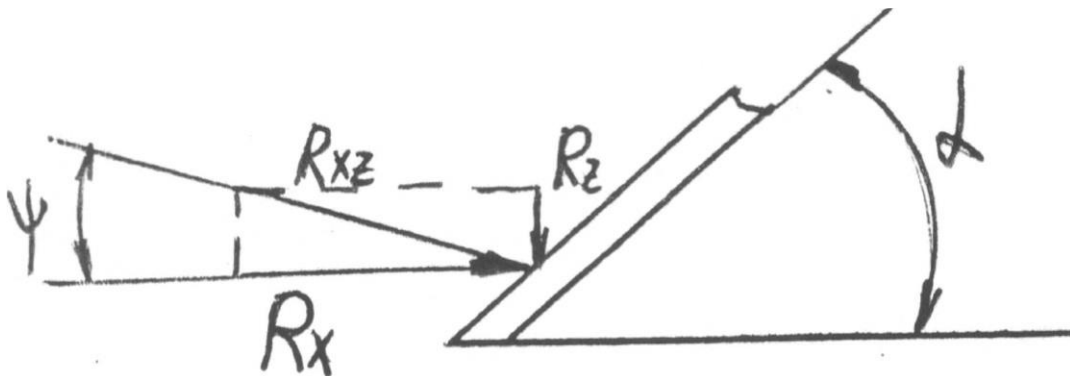


Рисунок 4.11 - Схема сил опору, діючих на долото

Тепер ми можемо визначити реакцію ґрунту на робочі органи чизельного плуга:

$$\sum R_{xz} = R_{xz} \cdot n \quad (4.31)$$

$$\sum R_{xz} = 4,6 \cdot 3 = 13,8 \text{ кН.}$$

Напрямок реакції на опорне колесо можна визначити по коефіцієнту перекочування з відношення [10, с. 143]:

$$\mu = \operatorname{tg} \delta \quad (4.32)$$

при $\mu = 0,1$ (для твердих ґрунтів) $\delta = 9^{\circ}$.

Перераховані сили переносимо на проекцію плуга в поздовжньо-вертикальній площині (рис. 4.10).

Силу G прикладаємо в центрі ваги плуга. Приймаємо центр ваги між двома рядами лап на відстані $1/4L$. В зв'язку з тим, що на передній частині є опорні колеса і автоматична навіска, реакцію опорного колеса R_k прикладаємо до лінії, яка проходить через центр колеса під кутом δ до вертикалі.

Силу $\sum R_{xz}$ прикладаємо до робочого органу під кутом $\psi = 12^{\circ}$ до горизонталі на відстані $1/2a$ від дна борозни.

Окремо від схеми плуга будуємо багатокутник сил. В масштабі $M = 1,5$ кН/мм проводимо вектор сили G , з точки його кінця проводимо в масштабі вектор сили $\sum R_{xz}$. З'єднуючи початок вектора G з закінченням вектора $\sum R_{xz}$, одержимо значення і напрямок рівнодіючої цих сил $R_1 = 16,5$ кН. На схемі плуга через точку 1 перетину лінії дії сил G і $\sum R_{xz}$ проводимо пряму паралельну силі R_1 до перетину її з напрямком сили R_k , одержимо точку 2. Точка 2 це точка прикладення рівнодіючої R_{xz} всіх сил опору плуга: G , $\sum R_{xz}$ і R_k . Вона врівноважується силою тяги F_{xz} , яка проходить через точку 2, і миттєвий центр обертання плуга Π_1 . З'єднавши точки 2 і Π_1 прямою, одержимо лінію дії сил R_{xz} і F_{xz} .

Значення сил R_{xz} і F_{xz} визначаємо на багатокутнику сил. Для цього з кінця вектора R_1 проводимо пряму паралельну лінії дії сили R_k , а з початку вектора G пряму паралельну лінії $\Pi_1 - 2$. Точка їх перетину дасть відрізки, які в прийнятому масштабі визначають сили $F_{xz} (R_{xz})$ і R_k .

$$F_{xz} (R_{xz}) = 14,7 \text{ кН}; \quad R_k = 7,5 \text{ кН}.$$

Розкладаємо силу F_{xz} по напрямках АВ і СД і знайдемо зусилля в тягах

$S_{ц.т}$ і $N_1 + N_2$:

$$S_{ц.т} = 8 \text{ кН}; \quad N_1 + N_2 = 22,2 \text{ кН}.$$

З плану сил видно, що сили R_k і R_{xz} залежать від деякого кута β . При збільшенні кута β реакція R_k зростає. Сила тяги F_{xz} мінімальна, коли її вектор перпендикулярний вектору R_k . Кут β залежить від лінії дії сили F_{xz} , а остання – від розташування точки Π_1 . Положення цієї точки залежить від положення ланок АВ і ВС, а також опорного колеса. Із збільшенням довжини ланки ВС, зміщенням точки А ланки АВ вниз, а також з підйомом опорних коліс точка Π_1 наближається до машини.

При цьому кут β зменшується і відповідно зменшується реакція R_k . Від значення сили R_{xz} і кута β залежать і вертикальні складові реакції на рушії трактора. Із збільшенням сили R_{xz} і зі зменшенням кута β задні колеса трактора довантажуються, а передні розвантажуються.

4.4.4 Розрахунок запобіжника

З метою попередження виходу з ладу робочих органів ґрунтообробні машини і знаряддя оснащують запобіжними пристроями. Запобіжники можна поділити на дві основні групи: односторонньої (неавтоматичної) і двосторонньої (автоматичної) дії.

Запобіжники односторонньої дії, в свою чергу, можна розділити на два типи: групові, які вимикають з роботи всі робочі органи (машину в цілому) при зустрічі з перешкодою одного з них, і індивідуальні, які виключають з роботи лише один робочий орган – той, який зустрівся з перешкодою.

Запобіжники двосторонньої дії по характеру дії розділяють на групові, індивідуально групові та індивідуальні.

Групові запобіжники автоматичної дії засновані на різних принципах дії: виглиблення всього плуга при збільшенні тягового опору за допомогою гідросистеми трактора при силовому способі регулювання глибини ходу,

виключення муфти зчеплення трактора, включення пружного елемента в верхню тягу механізму навіски і т.д. Індивідуально групові запобіжники по принципу дії поділяють на важільні, вальково-тросові і гідравлічні. Вони вигубляють лише один робочий орган – той, який зустрівся з перешкодою, але одночасно міняє режим роботи всіх інших робочих органів машини. Виглиблений робочий орган після проходження над перешкодою повертається в робоче положення внаслідок дії на нього через відповідні механізми зв'язку тягового опору інших корпусів.

Індивідуальні запобіжники засновані на принципі накопичення енергії при відхиленні робочого органу, який зустрівся з перешкодою, і використанні цієї енергії для повернення робочого органу в попереднє положення після проходження перешкоди.

В якості акумуляторів енергії в запобіжниках цього типу служать: пружина, газ, спеціальна рідина або надлишок тиску в гідросистемі трактора.

Ґрунти на території господарства слабо засмічені камінням, тому для чизельного плуга приймаємо індивідуальний зрізний запобіжник. Його роль буде виконувати болт. Зусилля спрацювання запобіжника повинно бути трохи більше нормального тягового опору однієї лапи:

$$R_c > R_{xz} \quad (4.33)$$

Для розрахунку запобіжника приймаємо, що він буде спрацьовувати при збільшенні величини R_x на 20 %, тобто:

$$R_c = 1,2 R_{xz} \quad (4.34)$$

Визначаємо момент, який діє на лапу при зіткненні з перешкодою, відносно точки А (умовного центру обертання лапи під час спрацювання запобіжника):

$$M_a = R_c \cdot l, \quad (4.35)$$

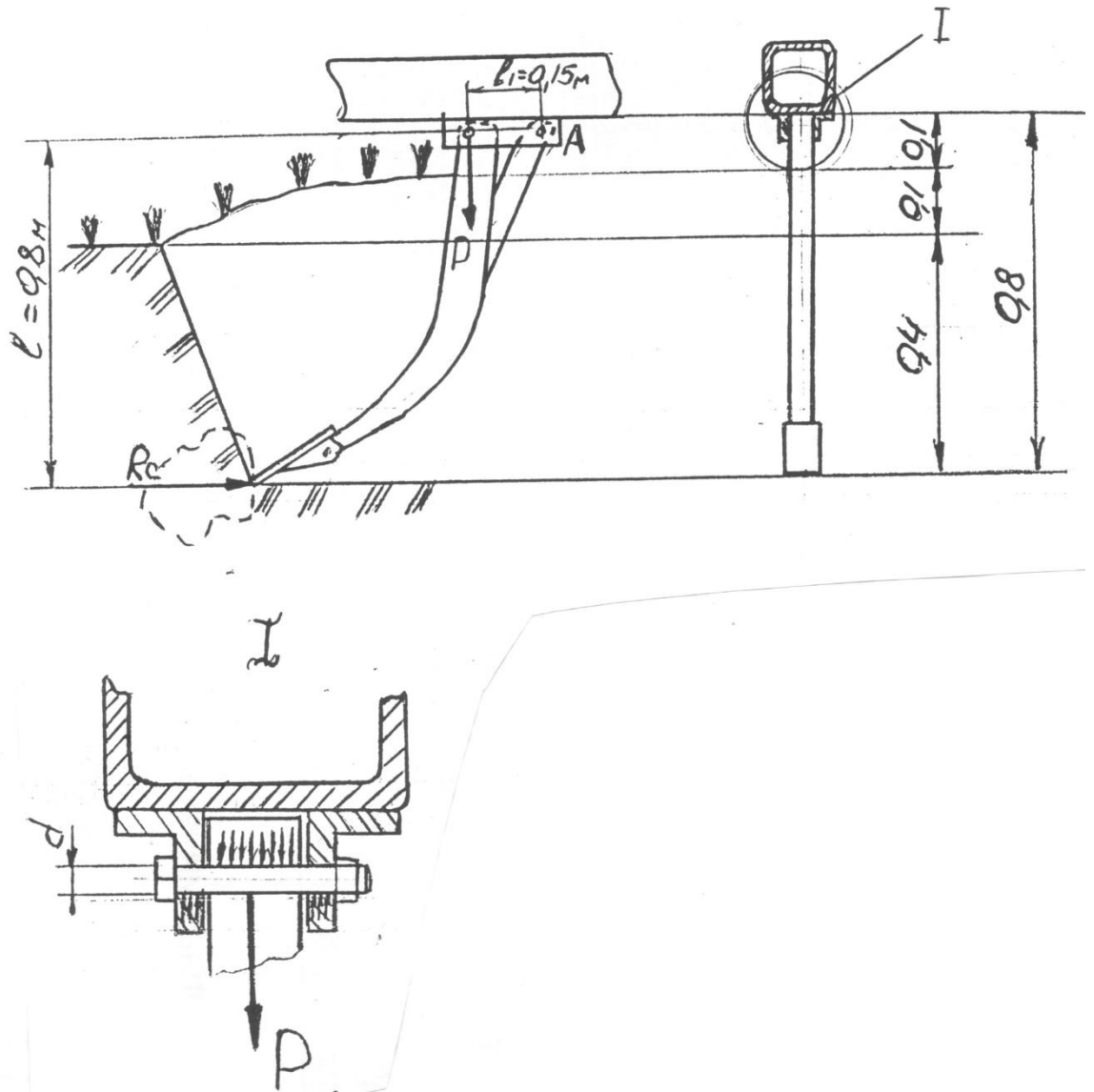


Рисунок 4.12 - Схема до розрахунку запобіжника

де l – найкоротша відстань від точки А до лінії прикладання сили R_c , $l = 0,8$ м.

$$M_a = 5,52 \cdot 0,8 = 4,42 \text{ кН} \cdot \text{М}$$

Визначаємо силу P , яка діє в лапі:

$$P = \frac{M_A}{l_1}, \quad (4.36)$$

де l_1 – відстань від точки А до запобіжника, $l_1 = 0,15$ м.

$$P = \frac{4,42}{0,15} = 29,5 \text{ кН.}$$

Умова міцності на зріз має вигляд [11, с. 219]:

$$\tau_{\max} = \frac{P}{F} \leq [\tau] \quad (4.37)$$

З цього виразу:

$$\tau = \frac{P}{F} = \frac{P}{\frac{2 \cdot \pi \cdot d^2}{4}} \quad (4.38)$$

Рахуючи, що дотичні напруження діють рівномірно, і те, що болт буде підлягати подвійному зрізу, одержимо:

$$\tau = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{2}} \quad (4.39)$$

Таким чином, умова міцності болта прийме вигляд:

$$\frac{2P}{\pi d^2} \leq [\tau] \quad (4.40)$$

де $[\tau]$ - допустиме напруження при чистому зрізі. Для сталі $[\tau] = 100 \text{ МПа}$.

Тоді:

$$d = \sqrt{\frac{2P}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (4.41)$$

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 29,5 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 100}} = 0,014 = 14 \text{ мм}$$

При агрегуванні плуга з трактором МТЗ-80 потрібно працювати на четвертій передачі. Режим роботи при цьому [12]:

$$N_{\text{кр}} = N_{\text{кр.мах}} \quad (4.42)$$

Розрахунки дали можливість визначити основні параметри і режим роботи розробленого чизельного плуга для агрегування з трактором класу 1,4.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Основою для організації охорони праці в господарстві має бути чинне законодавство і, в першу чергу, «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542).

5.1 Охорона праці при вирощуванні кукурудзи

До роботи допускаються лише технічно справні машини і знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові, відремонтовані, а також машини, що тривалий час не використовувались, допускаються до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки всіх вузлів.

До роботи на агрегатах допускаються фізично здорові, навчені за спеціальною програмою і проінструктовані механізатори. Залежно від виду роботи, механізатори забезпечуються засобами захисту та спецодягом.

На місце роботи агрегатів не допускаються сторонні особи, які не мають відношення до технологічного процесу.

Механізовані роботи і рух агрегатів відповідають розробкам і затвердженим головним інженером господарства технологіям та маршрутам руху агрегатів.

При агрегуванні різної сільськогосподарської техніки з універсальними тракторами застосовуємо автоматичні зчіпні пристрої. Під час автоматичного щеплення машини на трактор не допускати перебування працюючих у небезпечній зоні.

Агрегати укомплектовані для сівби обладнуємо двосторонньою сигналізацією. Лише за командою старшого на агрегаті дозволяється розпочати рух. Один сівач може обслуговувати лише одну сівалку.

Під час руху агрегату забороняється виконувати будь-які регулювання, усувати несправності, очищати робочі органи, а також переходити на іншу

сівалку. Розрівнювати насіння і мінеральні добрива у ящиках дозволяється лише спеціальними дерев'яними лопатками, очищати сошники – чистиками, а висівні апарати – спеціальними гачками. При цьому забороняється чіпляти до гачків мотузку, а її намотувати на руку.

Під час роботи з отрутохімікатами не дозволяти палити та приймати їжу. Для вживання їжі в польових умовах відводимо спеціальне місце на відстані 200 метрів від поля, обробленого отрутохімікатами. Слідкувати щоб перед вживанням їжі працівники знімали спецодяг, вимивали руки та обличчя чистою водою з милом, полоскали рот.

При роботі з мінеральними добривами ознайомлюємо працівників з їх основними властивостями, можливим впливом на організм людини та з індивідуальним захистом. Під час завантаження сухих мінеральних добрив необхідно стояти з навітряного боку, надівши респіратор.

Перед початком збиральних робіт проводимо інструктаж з охорони праці, інформуємо робітників про існуючі небезпечні фактори і можливі наслідки в разі недотримання відповідних правил безпеки.

Розмічаємо поля на загінки відповідно до операційної карти та складаємо план поля.

Відпочивати на полі дозволяється в спеціально відведеному і відповідно позначеному місці.

Усунення несправностей, заміна ножів, ланцюгів, пасів, операції технічного обслуговування виконувати тільки при зупиненому двигуні. Запускати двигун методом буксирування або скочування з гори забороняється.

Видаляти масу при забиванні робочих органів можна лише за допомогою спеціальних пристроїв із дотриманням інших вимог безпеки.

Не дозволяється керувати транспортним засобом особам, які не закріпленні за даною машиною наказом по господарству. У загінці механізатор повинен стежити за роботою робочих органів.

Під час завантаження урожаю у причеп чи інші транспортні засоби забороняється знаходитись в ньому. При транспортуванні урожаю

забороняється людям знаходитись в кузові транспортного засобу.

Перевірку технічного стану і технічну наладку машин потрібно проводити на спеціальному регулювальному майданчику. Регулювальний майданчик повинен бути оснащений справним інструментом та пристроями. На майданчику обов'язково повинна бути аптечка.

При перевірці технічного стану машин звертати увагу на наявність і надійність кріплення захисних засобів над карданними, ланцюговими та пасовими передачами. Для відкручування гайок забороняється використовувати несправні, спрацьовані ключі, зубило та молоток.

Піднімати машини потрібно спеціальним піднімачем або домкратом, попередньо перевіривши стійкість їх встановлення, під рами машини підкладати надійні підставки заданої висоти. Робітникам забороняється перебувати в зоні дії підйомних механізмів.

Під час наладки машин звертати увагу на наявність і справність системи сигналізації та освітлення машинно-тракторного агрегату.

Перед запуском двигуна трактора, перевірити, щоб важіль включення коробки передач знаходився у нейтральному положенні. Під'їжджати трактором до машини потрібно на малих обертах колінчастого валу двигуна, рухатись без ривків і не знімати ногу з педалі зчеплення. З'єднувати причіпну машину з трактором лише при включеній передачі трактора і не працюючому двигуні.

Перед початком руху впевнитись, що люди знаходяться на безпечній відстані від агрегату та подати сигнал. Під час руху агрегату забороняється сходити або сідати на трактор чи сільськогосподарську машину.

Технічне обслуговування машинно-тракторних агрегатів проводити тільки після їх зупинки і вимкнення двигуна.

При роботі з акумулятором не допускати короткого замикання клем. В приміщенні, де заряджаються акумулятори, забороняється палити, запалювати сірники, виконувати зварні та інші роботи. Транспортувати акумулятори тільки на візку з гніздами. Переносити акумуляторні батареї на руках без

спеціальних захватів забороняється.

Перед демонтажем шин необхідно очистити їх і випустити повітря з камери. Якщо шина пристала до ободу, необхідно застосувати спеціальний знімач.

Відкривати пробки картера двигуна, коробок передач, задніх або передніх мостів необхідно спеціальним ключем. Забороняється стукати по пробках молотком, щоб не викликати загоряння палива.

Особливої обережності слід дотримуватись при роботі з етиловим бензином та антифризами, оскільки вони отруйні.

При проведенні наладки плугів та інших ґрунтообробних машин необхідно спочатку опустити їх робочі органи на регульовальний майданчик, а під раму машини підкласти надійні підставки. При загостренні лемішів плугів, обов'язково потрібно користуватися рукавицями та захисними окулярами. Забороняється залишати трикутну рамку в замку авто зчїпки при від'єднанні машини від трактора. Перед транспортуванням навісної машини слід затягнути обмежувальні ланцюги навісної системи трактора.

У полі усувати несправності машини, очищати її робочі органи потрібно тільки після зупинки агрегату. Очищати робочі органи ґрунтообробних машин від зелі та рослинних решток спеціальними чистиками.

Мінеральні добрива завантажувати в місткості (ящики, бункери) машин тільки при зупиненому агрегаті та вимкненому ВВП трактора. Якщо внесення добрив проводиться у вітряну погоду, то потрібно користуватись вітрозахисним пристроєм для машини. Під час роботи машин з розкидачами відцентрового типу не можна наближатись до них ближче як на 10–15 м. На поворотних смугах слід вимкнути ВВП трактора.

При внесенні аміачної води необхідно постійно стежити за герметичністю резервуарів, всмоктувальних та нагнітальних трубопроводів. Із кранів, клапанів, затворів трубопроводів не повинна підтікати рідина.

Працівники, що працюють на агрегатах для внесення добрив, повинні мати спецодяг, користуватись захисними окулярами, респіраторами. Крім

того, працювати необхідно в головному уборі. Готуючи обприскувачі та протруювачі насіння до роботи звернути увагу на щільність закриття кранів, заливних горловин, щільність і надійність з'єднання трубопроводів тощо. Особливо уважно перевірити комплектність розпилювачів. Кріплення їх на колекторі повинно бути щільне, рідина не повинна підтікати із з'єднань.

У процесі обприскування вибирають напрямок руху агрегату так, щоб розпилена рідина не потрапляла на працюючих. Кабіна трактора при обприскуванні повинна бути закрита. Після закінчення обприскування вимити водою з милом руки, обличчя. Заборонено вживати їжу під час обприскування та протруєння.

При постановці машин на зберігання дотримуватись діючих правил техніки безпеки. Застосовувати засоби безпеки при підготовці до зберігання машин, які працювали з отрутохімікатами, протруєним насінням та іншими шкідливими речовинами. Слідкувати, щоб під рами та робочі органи машини встановлювались тільки міцні та надійні спеціально виготовлені підставки.

Для механізованої мийки машин, нанесення захисних покриттів обов'язково використовувати фартухи, рукавиці та захисні окуляри.

Місця зберігання машин та їх окремих складальних одиниць, агрегатів повинні бути забезпечені укомплектованим справним протипожежним інвентарем та обладнанням.

5.2 Розробка технологічної карти контролю агрегату

Суворе дотримання правил техніки безпеки є обов'язковим при прийманні, транспортуванні, підготовці до роботи, обкатці і в процесі експлуатації чизельного плуга. До роботи по використанню машини допускаються тільки підготовлені трактористи. Ремонт і технічне обслуговування проводяться при опущеному на робочі органи чизельному плугу, від'єднаному від трактора або з трактором з заглушеним двигуном. Підтяжку кріплень робочих органів, заміну лап необхідно проводити при піднятих від землі робочих органах. Гідросистему трактора слід включати

тільки з кабіни тракториста, плуг до трактора приєднувати при опущеній на землю зафіксованій підставці.

Таблиця 5.1- Технологічна карта контролю агрегату для чизелювання ґрунту

Елемент агрегату, що підлягає огляду	Характерні несправності	Можливі наслідки небезпеки	Усунення недоліків
1. Справність коліс, їх кріплень.	Спрацювання ґрунтозачепів понад допустимий рівень.	Занос трактора на схилах, перекидання.	Заміна шин.
2. Система освітлення.	Несправність фар, їх забрудненість.	Аварія при русі в темний період доби.	Провести технічне обслуговування системи освітлення.
3. Кабіна, система вентиляції, остекління.	Несправність системи вентиляції. Несправність дверей та інших елементів кабіни.	Захворювання тракториста. Аварія.	Ремонт системи вентиляції. Ремонт кабіни. Відновлення остекління.
4. Рульове керування.	Люфт рульового колеса перевищує допустимі межі.	Втрата водієм управління. Аварія.	Встановлення нормального люфту.
5. Стан зчеплення, гальм, блокувального пристрою коробки передач.	Пробуксовування муфти зчеплення. Хід педалі не відповідає нормі. Несправність гальм.	Несправність трактора. Спрацювання деталей зчеплення. Аварія.	Регулювання муфти зчеплення, вільного ходу педалі. Ремонт блокувального пристрою.

Для попередження нещасних випадків забороняється: їздити на великих швидкостях і виконувати круті повороти в людних місцях; стояти поблизу

чизельного плуга при його підніманні і опусканні; проводити очистку, змащення, ремонт і підтяжку різьбових з'єднань плуга коли він приєднаний до трактора і переведений в положення „дальній транспорт”; виконувати повороти з заглибленими робочими органами; від'єднувати плуг від трактора в положенні „дальній транспорт” без встановлення підставки; перевозити на рамі плуга сторонні предмети і вантажі.

В кабіні трактора необхідно мати укомплектовану аптечку, яку постійно необхідно поповнювати необхідними медикаментами. Працювати необхідно в зручній одежі, яка виключає можливість її попадання в рухомі пасові і ланцюгові передачі і інші механізми.

При роботі необхідно застосовувати тільки справний інструмент і обладнання. Необхідно подавати звуковий сигнал перед запуском двигуна і початком руху агрегату.

При переїздах через мости і греблі необхідно впевнитися в можливості переїзду і тільки потім продовжувати рух на першій передачі.

Перед тим, як приступити до роботи агрегат повинен підлягти контролю, хід якого висвітлений в технологічній карті (табл. 5.1).

5.3 Рекомендації по поліпшенню умов праці

1. Провести паспортизацію виробничих підрозділів (інженер з охорони праці) і переглянути всю відповідну документацію з охорони праці з врахуванням нових «Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затверджених наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року N 1240, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за N 1090/32542. (До 31.12.2018 р.).

2. Укомплектувати медичні аптечки (інженер з охорони праці). Березень 2024 року.

3. Посилити контроль за виконанням шкідливих та небезпечних робіт (керівники підрозділів). Постійно.

4. Забезпечити працюючих необхідною кількістю справних засобів індивідуального захисту (інженер з охорони праці). Травень 2024 року.
5. Укомплектувати пожежні щити необхідним інвентарем (керівник станції пожежної охорони). Квітень 2024 року.
6. Провести 32–годинні курси з охорони праці (керівники підрозділів господарства). Лютий 2024 року.
7. Придбати нову нормативно-технічну літературу з охорони праці (інженер з охорони праці). Постійно.

6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Основним показником економічної ефективності кожного прийому обробітку ґрунту, як відомо, є підвищення урожайності вирощених культур з мінімальними затратами праці і засобів при виконанні всіх технологічних операцій.

Результати досліджень, проведених науково-дослідними організаціями в основних зонах країни, показали, що при вирощуванні сільськогосподарських культур чизельний обробіток ґрунту в порівнянні з традиційною полицевою оранкою забезпечує підвищення урожайності зернових до 10 %, просапних культур до 34 % з меншими затратами праці і засобів на виконання цієї операції [4].

Крім того, чизельні знаряддя в порівнянні з традиційними ґрунтообробними знаряддями, які застосовуються для основного обробітку ґрунту, мають значні економічні переваги за експлуатаційними показниками. Так, при обробітку ґрунту на глибину 40–45 см чизельний плуг ПЧ-4,5 в порівнянні з полицевим плугом ПТК-9-35, який працює на глибину 25 см, забезпечує підвищення продуктивності праці до 14 %, зниження затрат праці до 13 %, зменшення питомих витрат палива до 26 %, а при обробітку ґрунту на однакову глибину (22–25 см) відповідно на 63 %, 39 і 30 % [4, 8].

При обробці ґрунту на глибину 40 см чизельний плуг ПЧ-4,5 в порівнянні з плоскорізом ПГ-3-5, який працює на глибину 27-28 см, має приблизно однакові показники по продуктивності, затратах праці і питомих витратах палива [4, 8].

При розрахунках економічної ефективності за базову технологію приймаємо оранку з використанням плуга ПЛН-5-35 в агрегаті з трактором Т-150 і передпосівний обробіток ґрунту культиватором КШП-8,0 в агрегаті з трактором Т-150.

В нашій роботі пропонується розширення універсальності машин з безполицевими робочими органами, тобто, щоб такі машини могли якісно готувати ґрунт під сівбу за один прохід як на чистому полі, так і на засміченому рештками рослин після збирання врожаю, а також щоб вони при необхідності могли загортати органічні добрива і рослинні рештки ґрунтом на певну глибину. Ці задачі в дипломному проекті пропонується вирішити шляхом розробки комбінованого ґрунтообробного агрегату, який являє собою поєднання чизельного плуга ПЧ-2,5 і кільчастого котка.

Кільчастий коток, який приєднаний до чизельного плуга руйнує брили, утворені його лапами, подрібнює і сприяє загортанню в ґрунт рослинних залишків, ущільнює нижній і мульчує верхній шар ґрунту і таким чином підготовлює його під посів кукурудзи за один прохід агрегату. Вихідні дані для розрахунків приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1- Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показники	Т-150 + ПЛН-5-35	Т-150 + КШП-8,0	ПЧ-2,5+КК- 2,5
Ширина захвату, м	1,75	8,0	2,5
Робоча швидкість, км/год.	До 8	До 10	До 8
Агрегується з трактором	Т-150К	Т-150К	Т-150К,Т-150
Продуктивність, га/год.	1,02	5,2	1,6

Енергоємність операції визначається за формулою:

$$F = \frac{N}{W}, \quad (6.1)$$

де N – потужність двигуна трактора, $N_{Т-150К} = 121,3$ кВт.

Енергоємність операції, за базовою технологією, становить:

$$F_c = F_{c1} + F_{c2} \quad (6.2)$$

$$F_c = \frac{121,3}{1,02} + \frac{121,3}{5,2} = 118,92 + 23,33 = 142,25 \text{ кВтгод./га.}$$

Енергоємність операції, яку виконує удосконалений агрегат, становить:

$$F_H = \frac{121,3}{1,6} = 75,81 \text{ кВтгод./га.}$$

Зниження енергоємності при впровадженні розробки становить:

$$F_e = F_c - F_H = 142,25 - 75,81 = 66,44 \text{ кВтгод./га}$$

Металоємність операції визначається за формулою:

$$M = \frac{M_M}{W}, \quad (6.3)$$

де M_M – маса машини, кг.

Для машин за базовою технологією (без врахування трактора, марка якого однакова для всіх сільськогосподарських машин, які використовуються в процесі обробітку ґрунту) металоємність становить:

$$M_c = \frac{810}{1,02} + \frac{1360}{5,2} = 794,12 + 261,54 = 1055,66 \text{ кг} \cdot \text{год./га}$$

Для розробленого знаряддя металоємність становить:

$$M_H = \frac{780 + 650}{1,6} = 893,75 \text{ кг} \cdot \text{год./га.}$$

Зменшення металоємності при впровадженні удосконаленої технології становить:

$$M_E = M_C - M_H = 1055,66 - 893,75 = 161,91 \text{ кг} \cdot \text{год./га}$$

Затрати праці на обробіток ґрунту визначаємо за формулою:

$$H = \frac{K}{W}, \quad (6.4)$$

де K – кількість обслуговуючого персоналу агрегату;

W – продуктивність агрегату за годину.

Затрати праці на обробіток ґрунту за базовою технологією становлять:

$$H_c = \frac{1}{1,02} + \frac{1}{5,2} = 0,98 + 0,19 = 1,17 \text{ люд.год./га}$$

Затрати праці на обробіток ґрунту агрегатом з розробленим знаряддям становлять:

$$H_H = \frac{1}{1,6} = 0,63 \text{ люд.год./га}$$

Зниження затрат праці при впровадженні удосконаленої технології становить:

$$H_E = H_C - H_H = 1,17 - 0,63 = 0,54 \text{ люд.год./га}$$

Прямі експлуатаційні затрати при проведенні обробітку ґрунту визначаються по формулі:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (6.5)$$

де C_o – оплата праці з усіма нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – затрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{ПММ}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по тарифній сітці за норму виконаної роботи. За 1 га обробленої площі оплата праці становить:

$$C^1_o = \frac{C_T}{W_{3M}}, \quad (6.6)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою;

W_{3M} – продуктивність агрегату за зміну.

За базовою технологією на обробітку ґрунту працює два механізатори – на агрегаті з плугом і на агрегаті з культиватором. Для кожного з них оплата праці по п'ятому розряду тарифної сітки з врахуванням підвищення мінімальної заробітної до 6700 грн. плати становить 291,3 грн. за зміну [17]. А за 1 га обробленої площі на оранці оплата праці буде становити:

$$C^1_{O.B} = \frac{291,3}{8,16} = 35,7 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарстві проводиться доплата: 50 % - за складність робіт (становить 17,85 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 4,28 грн./га).

І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C^H_{o6} = 35,7 + 17,85 + 4,28 = 57,83 \text{ грн./га}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 11,57 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 29,49 грн./га). І тоді вся оплата праці з нарахуваннями механізаторам, які працює на обробітку ґрунту за базовою технологією, становить:

$$C^1_{об1} = 57,83 + 11,57 + 29,49 = 98,89 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який задіяний в базовій технології на обробітку ґрунту за 1 га оплата праці буде становити

$$C^2_{О.Б} = \frac{291,3}{41,6} = 7,0 \text{ грн./га}$$

Крім того, в господарстві проводиться доплата: 50 % - за складність робіт (становить 3,5 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 0,84 грн./га). І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C^2_{об} = 7,0 + 3,5 + 0,84 = 11,34 \text{ грн./га}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 2,27 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 5,78 грн./га). І тоді вся оплата праці з нарахуваннями механізаторам, які працює на обробітку ґрунту культиватором за базовою технологією, становить:

$$C^2_{об2} = 11,34 + 2,27 + 5,78 = 19,39 \text{ грн./га.}$$

Загальна оплата праці механізаторам на обробітку ґрунту за базовою технологією становить

$$C_{Об} = 98,89 + 19,39 = 118,28 \text{ грн./га}$$

Для механізатора, який працює на тракторі Т-150 і розробленому чизельному знарядді, оплата праці буде проводитися по п'ятому розряду тарифної сітки і за 1 га обробленої площі вона становить:

$$C^1_{О.Н} = \frac{291,3}{12,8} = 22,76 \text{ грн./га}$$

Аналогічно нараховуються всі необхідні доплати: 50 % за складність робіт (11,38 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (2,73 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{\text{он}}^{\text{н}} = 22,76 + 11,38 + 2,73 = 36,87 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 51 % соціального страхування (18,8 грн./га) і 20% за класність (становить 7,37 грн./га) і оплата праці з усіма нарахуваннями для механізатора, який працює на новому агрегаті, буде становити

$$C_{\text{он}} = 36,87 + 18,8 + 7,37 = 63,04 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм відрахувань на знаряддя за формулою:

$$C_a = \frac{S \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (6.7)$$

де S – ціна машини, грн.;

D – кількість днів роботи за рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами [16] річна норма відрахувань для всіх плугів загального і спеціального призначення становить 15 %. Тоді нарахування на амортизацію для плуга базової технології будуть становити:

$$C_{\text{аб1}} = \frac{38000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,16} = 12,94 \text{ грн./га}$$

Нарахування на амортизацію для культиватора базової технології будуть становити:

$$C_{a62} = \frac{65000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 41,6} = 4,34 \text{ грн./га}$$

Загальні затрати на амортизацію ґрунтообробних знарядь за базовою технологією становлять:

$$C_{a6} = 12,94 + 4,34 = 17,28 \text{ грн./га}$$

Для нового універсального знаряддя амортизаційні відрахування будуть становити:

$$C_{ан} = \frac{67000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 12,8} = 14,54 \text{ грн./га.}$$

Так як норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування така ж сама, як і для амортизаційних відрахувань, то приймаємо ці ж самі значення для відповідних машин.

Затрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{пмм} = Ц_{п} \cdot g_{га}, \quad (6.8)$$

де $Ц_{п}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн./кг;

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га.

$$g_{га} = \frac{G \cdot K}{W} \quad (6.9)$$

G – витрати палива за годину [16] – $G_{Т-150К} = 31,4$ кг/год.

K – поправочний коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна при холостих поворотах і переїздах, під час зупинок трактора з працюючим двигуном – $K = 0,92$ [16].

Комплексна ціна палива і мастильних матеріалів залежить від ситуації на ринку, постачальника і інших причин. Приймаємо її $Ц_{п} = 53,80$ грн./кг.

$$g_{\text{габ1}} = \frac{31,4 \cdot 0,92}{1,02} = 28,32 \text{ кг/га};$$

$$g_{\text{габ2}} = \frac{31,4 \cdot 0,92}{5,2} = 5,56 \text{ кг/га};$$

$$g_{\text{гап}} = \frac{31,4 \cdot 0,92}{1,6} = 18,06 \text{ кг/га}.$$

Затрати на паливо і мастильні матеріали для обробітку ґрунту за базовою технологією будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 53,8 \cdot (28,32 + 5,56) = 1822,74 \text{ грн./га}.$$

Аналогічні затрати на роботу нового агрегату будуть складати:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{н}} = 53,8 \cdot 18,06 = 971,63 \text{ грн./га}.$$

Загальні прямі затрати на обробіток ґрунту за базовою технологією будуть становити:

$$C_{\text{Б}} = 118,28 + 17,28 + 17,28 + 1822,74 = 1975,58 \text{ грн./га}.$$

Загальні прямі затрати на обробіток ґрунту новим універсальним знаряддям будуть становити:

$$C_{\text{Н}} = 63,04 + 14,54 + 14,54 + 971,63 = 1063,75 \text{ грн./га}.$$

Зниження прямих затрат при впровадженні удосконаленої технології будуть становити:

$$E = C_{\text{Б}} - C_{\text{Н}} = 1975,58 - 1063,75 = 911,83 \text{ грн./га}.$$

В відсотках економічний ефект становить:

$$E_{\pi} = \frac{911,83 \cdot 100}{1975,58} = 46,15 \%$$

Таблиця 6.2- Основні економічні показники проекту

Назва показників	Базова технологія	Удосконалена технологія	Різниця показників
1. Енергоємність, кВт · год./га	142,25	75,81	- 66,44
4. Металоємність, кг · год./га	1055,66	893,75	- 161,91
5. Затрати праці, люд.год./га	1,17	0,63	- 0,54
6. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га, в т.ч.:	1975,58	1063,75	- 911,83
- оплата праці	118,28	63,04	-55,24
- амортизаційні відрахування	17,28	14,54	-2,74
- затрати на ремонт і ТО	17,28	14,54	-2,74
- затрати на ПММ	1822,74	971,63	-851,11
7. Зниження прямих затрат, грн./га	--	911,83	
8. Економічний ефект від додаткової продукції, грн.	--	1027000	
9. Загальний річний економічний ефект, грн.	--	1209366	
10.Строк окупності затрат, років	--	0,06	

Річний економічний ефект за умови впровадження розробки на площі 200 га буде становити

$$E_p = 911,83 \times 200 = 182366 \text{ грн.}$$

Крім того, за рахунок поліпшення обробітку ґрунту, як показують результати наукових досліджень і передовий досвід, урожайність зернових збільшується на 10 – 18%. При середній врожайності кукурудзи 6,5 т/га при

впровадженні розробки ми отримаємо, як мінімум, 0,65 т/га додаткової продукції. При ціні на зерно кукурудзи на ринку 7900 грн/т економічний ефект від додаткової продукції становитиме

$$E_d = 0,65 \times 7900 = 5135 \text{ грн/га.}$$

При впровадженні на площі 200 га економічний ефект від додаткової продукції становить

$$E_{dz} = 5135 \times 200 = 1027000 \text{ грн.}$$

Загальний річний економічний ефект становитиме

$$E_{pz} = 1027000 + 182366 = 1209366 \text{ грн.}$$

Основні техніко-економічні показники представлені в таблиці 6.2.

Строк окупності затрат на впровадження удосконаленої технології визначається за формулою:

$$Z_o = \frac{S}{E_p} \quad (6.10)$$

$$Z_o = \frac{67000}{1209366} = 0,06 \text{ року.}$$

Таким чином, при впровадженні удосконаленої техніки зменшується енергоємність процесу, металоємність і прямі експлуатаційні затрати за рахунок зменшення витрат на заробітну плату, паливо і мастильні матеріали.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз сучасної ґрунтообробної техніки показує, що розроблено і застосовується велика і різноманітна кількість ґрунтообробних машин. Це дозволяє зробити правильний їх вибір в конкретних виробничих умовах для забезпечення високих і стабільних врожаїв сільськогосподарських культур.

2. В умовах України необхідно застосовувати мінімальний обробіток ґрунту з використанням чизельних плугів, які мають ряд переваг в порівнянні з традиційним полицевим плугами, що підтверджується багатьма науковими дослідженнями і виробництвом.

3. Розроблена конструкція чизельного плуга дозволяє використовувати його для передпосівного обробітку ґрунту під різноманітні культури, в т.ч. і кукурудзу. При цьому він, за рахунок поліпшення якості обробітку ґрунту і його водно-повітряного режимів дає змогу замінити традиційну оранку і культивуацію, збільшити урожайність зернових культур на 10-18 %. Проведені інженерні розрахунки дозволили визначити основні параметри удосконаленого чизельного плуга і режим роботи агрегату.

4. Розроблені заходи по охороні праці можуть бути використані в господарстві при проведенні інструктажів з техніки безпеки на робочому місці перед початком польових робіт.

5. Доцільність використання удосконаленої технології підтверджується економічним ефектом, який становить 1209366 грн., при умові використання її в господарстві при вирощуванні кукурудзи на площі 200 га. При цьому зменшується енергоємність процесу, металоємність і затрати праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тронь М. Сучасна техніка для ґрунтообробки / М. Тронь, І. Кошеленко// Пропозиція, №3. - 2002.- с. 97 – 102.
2. Думич В. Докладніше про чизелі /В.Думич// The Ukrainian Farmer, вересень 2014 року.- с.102-104.
3. Кліщенко С., Урсулов В., Урсулов М. Сучасні тенденції в системах та технологіях основного обробітку ґрунту// Механізація сільського господарства. - №5, 2011. – с. 36-45.
4. Цилюрик О. Обробіток ґрунту під кукурудзу// Агробізнес сьогодні. – червень, 2016. – с. 23-25.
5. Тронь М. Сучасна ґрунтообробна техніка/М.Тронь, І.Кошеленко// Пропозиція. - № 8-9. – 2002. – с. 90 – 91.
6. Ясенєцький В., Шустик Л. Вітчизняні культиватори// Пропозиція. - № 12, 2005. – с. 100 – 106.
7. Сільськогосподарські машини /Д.Г.Войтюк, Л.В.Аніскевич, В.В.Іщенко та ін.; за ред. Д.Г.Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
8. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
9. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. – 384 с.
10. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
11. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко,

А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет.
– Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

12. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

13. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

14. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Харків, Око. – 2003. – с. 375.

15. Землеробська механіка. Т 3. Аналіз і результати досліджень робочих органів машин для обробітку ґрунту/А.С. Кобець, С.П. Сокол, А.М. Пугач, В.І. Дирда і ін. – Дніпро, Пороги, 2022. – 408 с.

16. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка, Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. –384с.

17. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

18. Конарев Ф.М., Пережогін М.А., Грянк Т.Н. Охорона праці, М.: Колос, 1982 – 355 с.

19. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.