

**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 дипломної роботи

освітнього ступеня "Бакалавр" на тему:

**Удосконалення механізації міжрядного обробітку
кукурудзи з модернізацією культиватора КРН-5,6
для роботи на підвищених швидкостях**

Виконав: студент 4 курсу,
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Гриняк Володимир Вікторович

Керівник: _____ Пугач Андрій Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

ініціали

(прізвище,

« » 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Гриняку Володимирі Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації міжрядного обробітку кукурудзи з модернізацією культиватора КРН-5,6 для роботи на підвищених швидкостях

Пугач Андрій Миколайович, д.н. держ. упр., к.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«06» травня 2024 року № 984

2. Строк подання студентом роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих машин. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Коротка характеристика підприємства. 2. Аналіз способів і технічних засобів. 3. Обґрунтування конструктивних параметрів. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічне обґрунтування проєкту. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Огляд існуючих конструкцій. 2. Загальний вигляд машини (вузла) 3. Складальне креслення 4. Деталювання 5. Економічні показники. 6. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пугач А.М., професор		
2	Пугач А.М., професор		
3	Пугач А.М., професор		
4	Пугач А.М., професор		
5	Пугач А.М., професор		
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 15.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 29.09.2023 р.	Виконав
2	Технологічний	до 27.10.2023 р.	Виконав
3	Конструкційний	до 23.02.2024 р.	Виконав
4	Охорона праці та захист навк. серед.	до 29.03.2024 р.	Виконав
5	Економічний	до 26.04.2024 р.	Виконав
6	Графічна частина	до 31.05.2024 р.	Виконав

Студент

_____.
(підпис)

_____.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____.
(підпис)

_____.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Гриняк Володимир Вікторович Удосконалення механізації міжрядного обробітку кукурудзи з модернізацією культиватора КРН-5,6 для роботи на підвищених швидкостях / Випускний кваліфікаційний проєкт на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Проєкт присвячено механізації міжрядного обробітку кукурудзи з модернізацією культиватора КРН-5,6 для роботи на підвищених швидкостях. З цією метою в дипломному проєкті проведений глибокий аналіз стану справ в регіоні: різним способам обробітку, ґрунтово-кліматичним умовам, умовам налагодження робочих органів і машини в цілому. Виконано необхідні експлуатаційні розрахунки, що дозволяють оптимально завантажити агрегат, при цьому мати максимальну продуктивність і самі мінімальні витрати праці.

У першому розділі представлено аналіз діяльності базового господарства.

У другому розділі проведено огляд існуючих конструкцій та технічних рішень за темою проєкту.

У третьому розділі представлено обґрунтування технологічного процесу та конструкції.

У четвертому розділі приведено основні заходи з охорони праці при роботі з розробленою конструкцією.

У п'ятому розділі приведено оцінку економічної ефективності від впровадження.

Дипломний проєкт виконано на 58 сторінках машинописного тексту, містить 35 джерел використаної літератури.

Ключові слова: міжрядний обробіток, робочий орган, просапні культури, захисна зона.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.....	10
Висновки.....	14
2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ	15
2.1 Агротехнічні вимоги до процесу	15
2.2 Огляд існуючих конструкцій.....	16
Висновки.....	27
3 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ.....	28
3.1 Опис розробленої конструкції.....	28
3.2 Технологія використання модернізованої машини	29
3.3 Обґрунтування кута постановки леза лапи.....	30
3.4 Міцнісний розрахунок.....	38
3.5 Визначення опору агрегату.....	39
3.6. Розрахунок продуктивності.....	42
Висновки.....	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА...45	
Висновки.....	48
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	49
Висновки.....	52
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТКИ.....	59

ВСТУП

Міжрядний обробіток врожаю є невід'ємною складовою сучасних агротехнічних практик, спрямованих на забезпечення високої продуктивності та якості сільськогосподарських культур. Цей процес включає в себе низку технологічних заходів, які дозволяють оптимізувати ріст та розвиток рослин, підвищити родючість ґрунту, знизити ризики поширення хвороб і шкідників, а також сприяти ефективному використанню ресурсів. Використання міжрядного обробітку дозволяє зменшити конкуренцію між рослинами за світло, воду та поживні речовини, що в кінцевому результаті позитивно впливає на врожайність. Крім того, цей метод сприяє поліпшенню аерації ґрунту, що є важливим чинником для кореневої системи рослин. Ми розглянемо основні принципи та методи міжрядного обробітку врожаю, їхні переваги та можливі недоліки, а також надамо рекомендації щодо застосування цих технологій у різних умовах господарювання. Особливу увагу буде приділено сучасним технологіям та інноваціям у цій галузі, що дозволяють підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва та забезпечити стійкий розвиток аграрного сектора. Міжрядний обробіток передбачає виконання агротехнічних операцій у міжряддях посівів, що забезпечує комплексний догляд за рослинами. Основними принципами цього процесу є: Поліпшення аерації ґрунту. Розпушування ґрунту в міжряддях сприяє кращому проникненню кисню до кореневої системи рослин, що стимулює їх ріст і розвиток. Контроль бур'янів. Механічне видалення бур'янів з міжрядь знижує конкуренцію за ресурси, що дозволяє основним культурам отримувати більше поживних речовин і води. Збереження вологи. Правильне проведення міжрядного обробітку сприяє утворенню ґрунтової кірки, яка зменшує випаровування вологи з ґрунту, що є особливо важливим у посушливих регіонах.

Внесення добрив. Міжрядний обробіток дозволяє ефективно вносити добрива безпосередньо в зону кореневої системи рослин, забезпечуючи оптимальні умови для їх засвоєння. Методи міжрядного обробітку Існує кілька методів міжрядного обробітку, які можуть бути адаптовані в залежності від типу культури, умов ґрунту та кліматичних особливостей: Механічний обробіток. Використання культиваторів, мотоблоків та інших механічних засобів для розпушування ґрунту та видалення бур'янів. Цей метод є найбільш поширеним і забезпечує високу ефективність при мінімальних затратах. Хімічний обробіток. Застосування гербіцидів для контролю бур'янів у міжряддях. Цей метод дозволяє зменшити ручну працю та підвищити продуктивність, однак потребує ретельного дотримання норм і правил безпеки. Біологічний обробіток. Використання біологічних препаратів та методів, таких як інтегрована боротьба з шкідниками, що дозволяє знизити хімічне навантаження на ґрунт і навколишнє середовище. Комбінований обробіток. Поєднання різних методів міжрядного обробітку для досягнення максимального ефекту. Наприклад, механічний обробіток може поєднуватися з внесенням органічних добрив або використанням біологічних препаратів.

Переваги та недоліки міжрядного обробітку

Переваги (Підвищення врожайності завдяки оптимізації умов росту та розвитку рослин; Зменшення кількості бур'янів та шкідників, Поліпшення структури ґрунту та збереження його родючості, Можливість ефективного внесення добрив та інших агрохімікатів. Недоліки (Потреба в додаткових трудових ресурсах та техніці; Ризик пошкодження кореневої системи рослин при неправильному обробітку; Залежність від погодних умов та типу ґрунту; Рекомендації щодо застосування міжрядного обробітку)

Вибір методу. Обирайте метод міжрядного обробітку відповідно до конкретних умов вашого господарства, типу культури та ґрунту.

Терміни проведення. Проводьте міжрядний обробіток у відповідні терміни, враховуючи фазу розвитку рослин та погодні умови.

Дотримання технологій. Дотримуйтеся рекомендацій щодо глибини та частоти обробітку, щоб уникнути пошкодження рослин та збереження структури ґрунту.

Інтеграція методів. Використовуйте комбіновані методи для досягнення найкращих результатів, поєднуючи механічні, хімічні та біологічні підходи.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

В розділі буде наведено коротка характеристика базового господарства.
Виробничий напрямок– зерновий.

Структура основних засобів виробництва станом на 05.05.2024 року приведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.2 - Основні засоби виробництва

№	Назва засобу виробництва	Кількість
1	Трактор МТЗ-82	2
2	Трактор МТЗ-1221	2
3	Трактор Т-207/2	1
4	John Deere 7720	1
5	Dominator-108SL	1
6	Трактор Т-156К	1
7	Трактор ЮМЗ-6М +ПЕ-0,5	1
8	ГАЗ-53	1

Перелік наявних сільськогосподарських машин станом на 05.05.2024 року приведена в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - сільськогосподарських машин

№	Найменування	Кількість
1	Сівалка СЗ-3,6	4
2	Сівалка СЗ-5,4	2
3	Сівалка СУПН-8	4
4	Сівалка ССТ-12Б	1
5	Kinze-2000	2
6	Плуг ПЛН-4-35	1
7	Плуг ПЛН-5-35	2

8	Плуг ПЛН-3-35	5
9	Борона БДН-2,6	1
10	Культиватор КРН-5,6	2
11	Культиватор КРН-4,2	1
12	Культиватор КПС-4	2
13	Коток ЗКВГ-1,4	3

Перспективний план розвитку господарства, що займається вирощуванням просапних культур, є важливим документом, який визначає стратегічні напрями та пріоритети розвитку на майбутнє. У сучасних умовах сільськогосподарське виробництво стикається з численними викликами, такими як зміни клімату, обмеженість ресурсів, підвищення вимог до якості продукції та економічна нестабільність. У цьому контексті планування розвитку стає ключовим інструментом для забезпечення стійкого зростання та конкурентоспроможності господарства.

Просапні культури, такі як кукурудза, соняшник, соя та цукровий буряк, відіграють значну роль у сільськогосподарському секторі завдяки своїй високій продуктивності та важливості для різних галузей економіки. Вирощування цих культур потребує не лише дотримання агротехнічних заходів, але й впровадження інноваційних підходів, спрямованих на підвищення ефективності виробництва, збереження родючості ґрунтів та охорону навколишнього середовища.

У цьому розділі ми розглянемо основні етапи розробки перспективного плану розвитку господарства, проаналізуємо зовнішні та внутрішні фактори, що впливають на його діяльність, та визначимо стратегічні цілі і завдання. Особлива увага буде приділена впровадженню сучасних технологій, інтенсифікації виробництва та оптимізації управлінських процесів. Також ми розглянемо можливі ризики та шляхи їх мінімізації, що дозволить забезпечити

стабільний розвиток господарства та підвищення його конкурентоспроможності на ринку.

Розробка перспективного плану є комплексним процесом, який включає аналіз поточного стану господарства, визначення потенціалу розвитку та формулювання конкретних заходів для досягнення поставлених цілей. Цей документ стане надійною основою для прийняття управлінських рішень та сприятиме ефективному використанню ресурсів, підвищенню врожайності та якості продукції, а також зміцненню фінансової стійкості господарства.

Етапи розробки перспективного плану

Розробка перспективного плану розвитку господарства включає кілька ключових етапів, кожен з яких спрямований на досягнення чітко визначених цілей та забезпечення успіху в довгостроковій перспективі.

Аналіз поточного стану господарства. На цьому етапі здійснюється детальний аналіз наявних ресурсів, виробничих потужностей, фінансових показників, агротехнічних процесів та ринкових умов. Оцінюються сильні та слабкі сторони господарства, а також можливості та загрози, що можуть впливати на його розвиток.

Визначення стратегічних цілей та завдань. На основі проведеного аналізу формулюються основні цілі розвитку господарства. Це можуть бути цілі, спрямовані на підвищення врожайності, покращення якості продукції, розширення асортименту вирощуваних культур, впровадження інноваційних технологій, зменшення витрат виробництва та підвищення рентабельності.

Розробка заходів та інвестиційних проєктів. Для досягнення стратегічних цілей визначаються конкретні заходи та проєкти, які необхідно реалізувати. Це можуть бути заходи з модернізації технічного парку, впровадження систем точного землеробства, оптимізації використання добрив та засобів захисту рослин, будівництва нових виробничих об'єктів та ін.

Планування ресурсів. Визначаються необхідні фінансові, матеріальні та людські ресурси для реалізації запланованих заходів. Розробляється

фінансовий план, що включає джерела фінансування, бюджетування витрат та прогнозування доходів.

Оцінка ризиків та управління ними. Визначаються потенційні ризики, пов'язані з реалізацією плану, такі як зміни кліматичних умов, коливання ринкових цін, технічні несправності, проблеми з постачанням ресурсів. Розробляються заходи з управління ризиками, які дозволять мінімізувати їхній вплив на діяльність господарства.

Моніторинг та оцінка виконання плану. Встановлюються критерії оцінки ефективності реалізації плану, проводиться регулярний моніторинг виконання запланованих заходів та коригування плану в разі необхідності. Це дозволяє забезпечити гнучкість у управлінні та оперативне реагування на зміни умов діяльності.

Стратегічні напрями розвитку господарства

Розвиток господарства, що займається вирощуванням просапних культур, повинен базуватися на сучасних агротехнічних та управлінських підходах. Основними стратегічними напрямками можуть бути:

Інтенсифікація виробництва. Впровадження інтенсивних технологій вирощування, які дозволяють підвищити врожайність та якість продукції. Це включає використання високопродуктивних сортів та гібридів, оптимізацію системи живлення рослин, впровадження систем поливу та інших агротехнічних заходів.

Збереження та покращення родючості ґрунтів. Використання методів органічного землеробства, впровадження сівозмін, використання сидератів, застосування органічних та мінеральних добрив, заходів для запобігання ерозії ґрунтів.

Впровадження інновацій та цифрових технологій. Використання систем точного землеробства, автоматизація виробничих процесів, застосування інформаційних технологій для моніторингу стану полів та управління виробництвом.

Екологічна стійкість та охорона навколишнього середовища. Зменшення хімічного навантаження на ґрунт і рослини, впровадження екологічно безпечних технологій, дотримання принципів сталого землеробства.

Розширення ринків збуту. Активний пошук нових ринків збуту продукції, розвиток системи маркетингу та збуту, підвищення якості продукції відповідно до вимог ринку.

Підвищення кваліфікації персоналу. Організація навчання та підвищення кваліфікації працівників господарства, залучення фахівців з сучасними знаннями та навичками.

Висновки

Розробка та реалізація перспективного плану розвитку господарства, що займається вирощуванням просапних культур, є важливим кроком на шляху до забезпечення стабільного зростання та конкурентоспроможності. Врахування сучасних викликів та можливостей, впровадження інновацій та ефективне управління ресурсами дозволять господарству досягти високих результатів, забезпечити високу якість продукції та внести свій внесок у розвиток аграрного сектора.

2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Агротехнічні вимоги до процесу

Агротехнічні вимоги міжрядного обробітку наступні:

Нижні вологі шари ґрунту не повинні виноситись робочими органами на поверхню.

Не зрізаних бур'янів в міжряддях не допускається.

Під час обробки захисних зон прополювальними боронками повинно знищуватись не менше 65...70 % однорічних бур'янів, а коли обробка проводиться з присипанням ґрунтом загортачами – не менше 90 %.

Пошкодження рослин кукурудзи більше 1 % не допускається.

Огріхи і пропуски не допускаються.

Комплектування культиваторів для обробки сходів кукурудзи у фазі 5 – 7 листочків здійснюються наступним чином. На кожне міжряддя встановлюють одну стрільчасту лапу шириною захвату 220 мм і дві плоскоріжучі лапи – бритви. Стрільчасті лапи закріплюють в гряділі робочої секції, а плоскоріжучі лапи в тримач і закріплюють на гряділі хомутами.

Замість лап – бритв краще встановлювати напівлапи.

Для знищення бур'яну (краще встановлювати) в захисних зонах культиватор обладнують прополювальними боронами з високими пружними зубами.

Комплектування культиваторів для обробітку посівів при висоті кукурудзи 35 – 40 см здійснюється наступним чином.

Для розпушування ґрунту і знищення бур'янів в міжрядді культиватор обладнують стрільчастою лапою.

На тримачах кожної робочої секції закріплюють загортачі, які присипають бур'ян в рядках. Краще використовувати дискові загортачі. Для вирівнювання поверхні ґрунту в міжряддях після проходження стрільчастих

лап і загортачів в задньому кронштейні кожного гряділя закріплюють по одній пропалочній лапі.

2.2 Огляд існуючих конструкцій

Головною особливістю знаряддя для культивування міжрядних просапних культур є паралелограмна підвіска робочих органів.

Паралелограмний механізм складається з переднього і заднього кронштейнів з'єднаних шарнірно ланкою, а зверху – верхньою ланкою і стяжною гайкою, транспортного ланцюга і гряділя.

Сумарний ефект впливу перелічених чинників на стан обробки посівів просапних культиваторів різко зростає в зв'язку з роботою просапного агрегату на підвищених швидкостях.

Голчасті диски забезпечують руйнування ґрунтової кірки, зниження засміченості на суцільних посівах і в міжряддях просапних культур.

Корпус присипає бур'яни в захисній зоні й у рядках просапних культур, відкидаючи шар ґрунту за допомогою полиць вліво і вправо. Складається корпус з лапи і крил. Висота валка, що утворюється, складає 10..14 см.

Бороздоутворювачі призначені для нарізання поливних борід з одночасним внесенням добрив на глибину кореневої системи рослин.

Мета винаходу № 1389697 (рис. 2.1.), це є підвищення якості обробки ґрунту в міжряддях просапних культур. Знаряддя складається з центральної планки 1, до якої з обох боків прикріплені планки 4. Планки 4 з'єднані між собою горизонтальними планками, кут нахилу яких можна регулювати. Кожна планка має зубці 5, висоту яких можна регулювати. Центральна планка з'єднана зі стійками стрічкового важеля 7 і копіювального важеля 8. Стрічкові лапи прикріплені до секції румпеля. Кожен брус має трубчасту форму. Одна з вертикальних стінок кожного прутка 4 звернена до центрального прутка і має отвір для кріплення лап 5. При оранці зрілих рослин центральний брус встановлюється в низькому положенні так, щоб планки 4

лежали на поверхні ґрунту. Під час руху зуби 5 розпушують ґрунт і вичісують рослинні рештки. Планки 4 вирівнюють поверхню і збирають рослини. Зазор між планками 4 і центральним брусом запобігає утворенню грудок ґрунту. Наявність накладок запобігає прилипанню планок 4 до ґрунту.

Пристрій для обробки ґрунту містить центральний брус, кут нахилу планок, до яких кріпляться регульовані по висоті зуби і поперечні планки, можна змінювати, а для підвищення якості оранки гребені в планки встановлюють під площиною центральної планки з зазором, що дорівнює або перевищує товщину поперечних планок.

Пристрій відрізняється тим, що кожна планка виконана трубчастою, з отворами для кріплення зубів на одній стороні її вертикальної стінки, а на іншій стороні є накладки, розташовані по довжині планки і виконані з антифрикційного матеріалу.

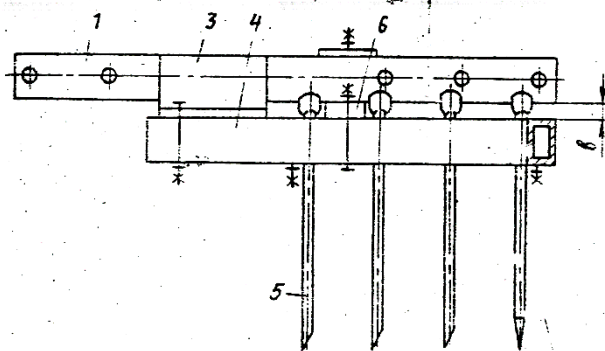
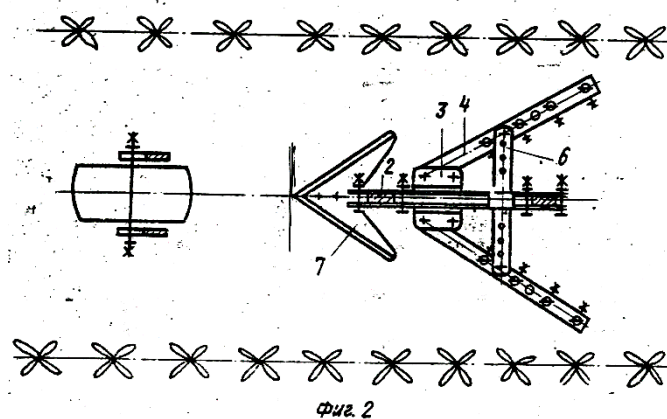


Рисунок 2.1 - № 1389697

Винахід № 1611237 (рис. 2.2.), призначений для поліпшення якості обробки ґрунту в проходах.

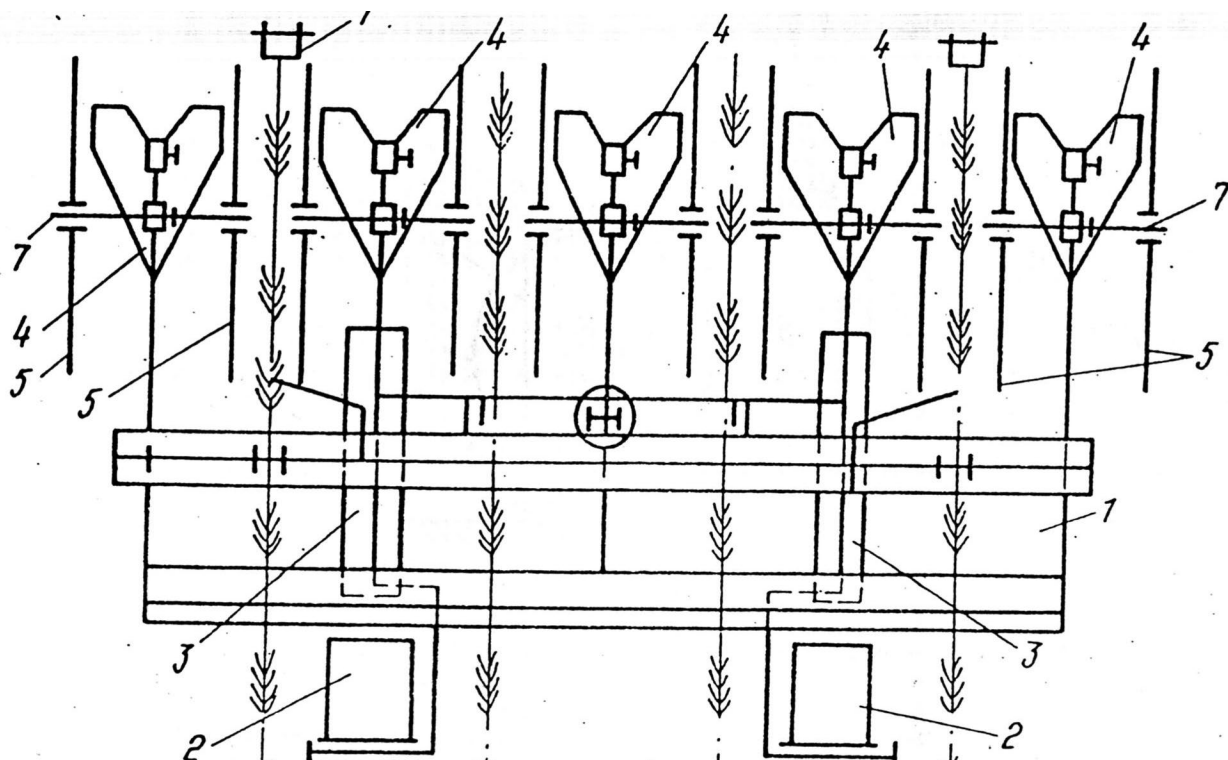


Рисунок 2.2. Ас. № 1611237

Під час роботи лапи 4 і зуби 6 дисків 5 розпушують ґрунт між рядами рослин, а суцільні диски, розташовані по обидва боки від кожної підрізаючої лапи 4, захищають рослини від засипання ґрунтом.

Даний культиватор відрізняється тим, що метою підвищення якості обробки ґрунту, культиватор обладнаний опорними лижами, кожна з яких змонтована на рамі між опорним колесом і розпушувальною лапою на одній повздовжній осі з ними.

Винахід № 1657081 (рис. 2.3.) - зменшити укорінення бур'янів. Перед нанесенням ґрунту на бур'яни відбувається подрібнення та пошкодження стебел бур'янів. Пристрій для обробки захисної зони виконаний у вигляді котка 9, прикріпленого до рами 1 еластичним повідцем 8, останній має ріжучу пластину 12, встановлену на ободі під кутом до напрямку руху. Під час роботи котки 9, рухаючись в зоні захисту, подрібнюють та травмують стебла бур'янів.

Пристрій для здійснення способу складається з рами культиватора 1, опорних коліс 2 зі стійками 3 і станини 4, оснащеної загостреними лапами 5 і відкидними лапами 6. На рамі 1 закріплений кронштейн 7, що переміщується в бічному напрямку.

До нижнього кінця важеля 8 прикріплений ролик 9, а верхній кінець підтримується пружиною 10. Ширина обода ролика дорівнює ширині зони захисту. Ріжуча пластина 12 встановлена на ободі ролика під кутом до напрямку руху.

При застосуванні запропонованого способу було виявлено, що кількість дрібних однорічних бур'янів зменшилася до одного на м² порівняно з чотирма при використанні відомого способу.

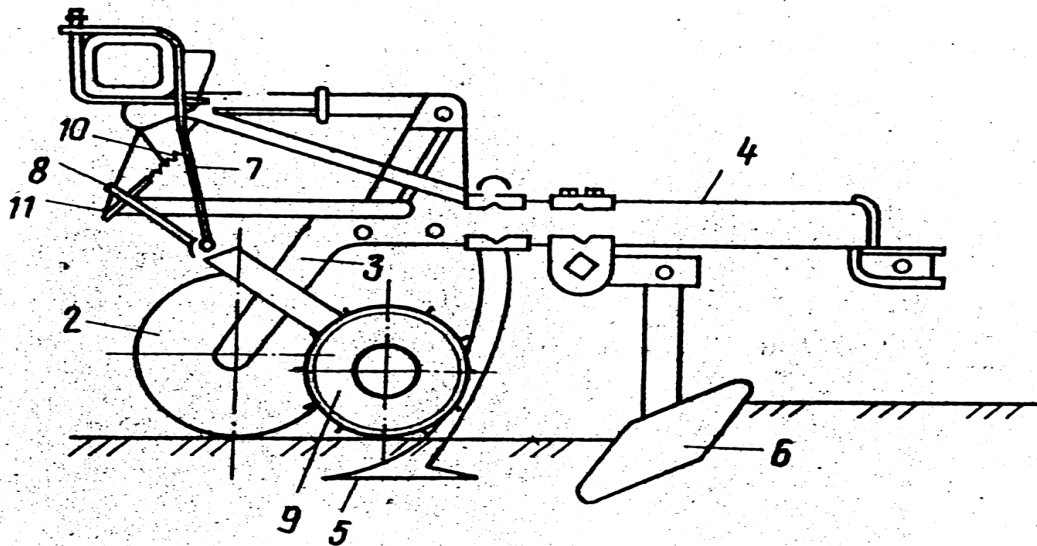


Рисунок 2.3 - № 1657081

Винахід № 1424750 (рис. 2.4.) – збільшення щільності знищення бур'янів.

Пластина 7 встановлена збоку зі зміщенням на половину робочої ширини плоскорізального робочого органу 5. Під час руху обладнання пластина 7 пригинає бур'яни до землі, а загортач 6 засипає їх ґрунтом.

Кронштейн 8 кріпиться до тримача 9 гвинтами 10 так, щоб можна було регулювати висоту еластичної пластини 7.

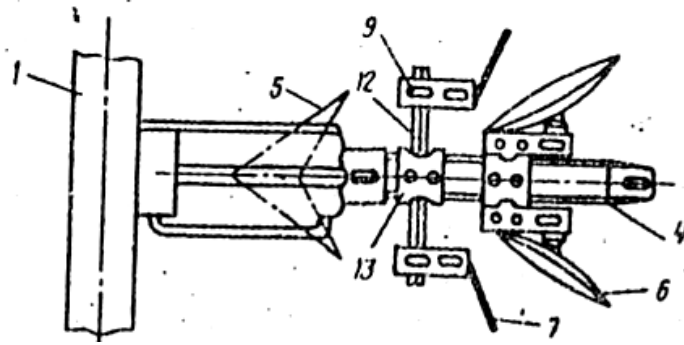


Рисунок 2.4 - № 1424750

Кронштейн 9 закріплений на горизонтальній штанзі 12 за допомогою кронштейна 11 і може переміщатися на горизонтальній штанзі 12.

Стрижень 12 кріпиться до сітки 4 за допомогою накладки з поздовжньо рухомою призмою 13.

Жорсткість пружної пластини 7 підібрана таким чином, що при взаємодії з бур'яном вона нахиляється.

При русі плоскоріжуча робоча частина 5 знищує буряк, що росте в міжряддях.

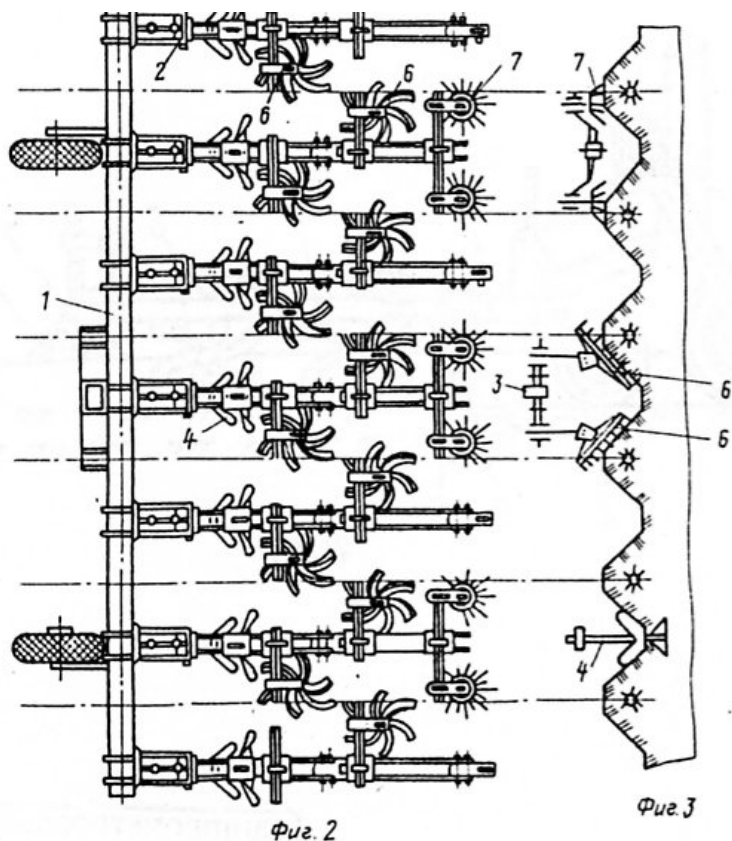
Еластична пластина 7 нахиляє буряк, що росте в міжряддях, в захисну зону, а дисковий коток 6 прикочує його ґрунтовими котками. Похилі бур'яни, висота яких менша за висоту монтажної пластини 7, також прикочуються, оскільки їх висота менша за висоту профілю ґрунтових котків. Твердість стебел перед обробкою набагато вища, ніж у бур'янів, тому культурні рослини не згинаються і не пошкоджуються.

Винахід № 1516018 (рис. 2.5.) – покращення якості обробітку ґрунту з підвищенням ступеня знищення бур'янів.

Знаряддя працює наступним чином.

При русі по міжряддях стрільчасті лапи 4 розпишують дно борід, відвальчики 5 відкидають на схилах ґрунт, розпушений стрільчастими лапами 4. Ротаційні робочі органи 6, обертаючись від сил реакції ґрунту, знищують бур'яни і подрібнюють ґрунт на схилах гребеня, формуючи його відкоси.

Додаткові робочі органи 7, обертаючись від сил реакції ґрунту, знищують бур'яни на вершині гребеня, розрихлюючи і формуючи вершину гребеня.



Винахід № 908259 (рис. 2.6) – забезпечити можливість використання робочого органу на різні строки росту і розвитку рослин.

Для виконання цього завдання крило закріплено на стійці з можливістю регулювання кута атаки відносно нахилу гряд, а саме крило виконано у вигляді право-та лівосторонніх бритвених лез.

Робочий орган для міжрядного обробітку містить крило 5, виконане у вигляді право- та лівосторонньої бритви, встановлене на стійці 1 пускової лапи і переміщується вгору та по ширині захвату за допомогою гвинта 4.

Крила 5 закріплені на стійці 1 пластиною 6 з циркулярно розташованими отворами 7 для регулювання кута атаки. Лопаті 5 закріплені в отворах 7 гвинтами 8.

Кут нахилу крил 5 дорівнює куту нахилу гребеня 9.

Робочий орган працює наступним чином. При русі в ґрунті крила, які встановлюються на ширину захвату, глибину обробки і кут атаки відповідно до фази росту і розвитку рослин, підрізають бур'яни на схилах гребенів і розпушують міжряддя гребенів.

Винахід № 948307(рис. 2.7) – підвищує якість обробки. Це досягається тим, що пристрій оснащений фрезою, розташованою за другою парою лап для обробітку ґрунту на глибину, що дорівнює глибині обробітку першою парою лап.

Пристрій складається з рами 1 і першої пари лап 2 з лезами та другої пари лап 3 з лезами, встановлених на ній на різній глибині.

Перша пара лап вища за другу пару лап і її відвал нахилений до гребенів.

За другою парою лап знаходиться фреза 4, яка встановлена на глибині, що дорівнює глибині обробки першої пари лап.

Агрегат працює наступним чином.

Під час руху перша пара лап підрізає шар ґрунту разом з бур'янами між гребенями і переміщує його до центру гребенів, формуючи їх.

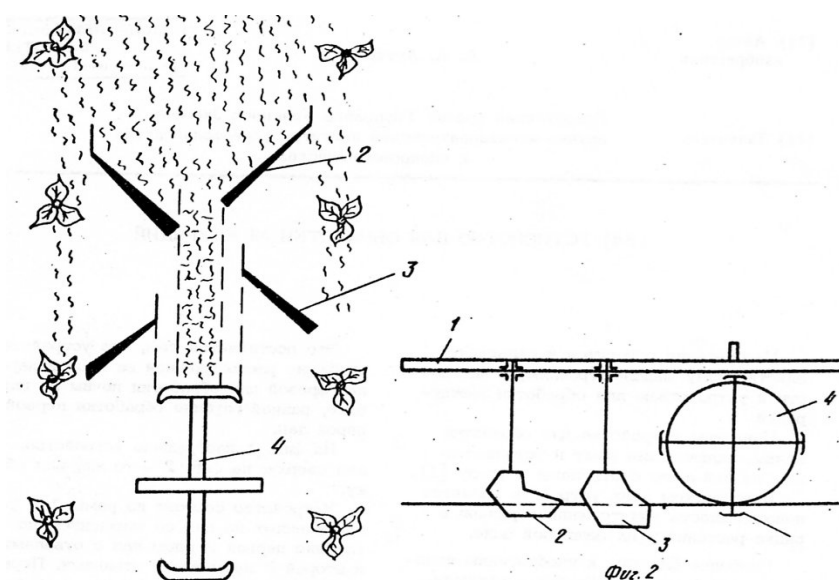


Рисунок 2.7 - № 948307

Друга пара лап встановлюється нижче першої пари лап, при цьому ріжуча кромка встановлюється нижче першої пари лап, розрізаючи ґрунт під раніше знятим шаром і спрямовується до гребенів та їх захисної зони, покриваючи будь-які бур'яни, що там з'являються.

Створений в міжрядді гребінь з бур'янів і ґрунту обробляється фрезою 4, зминаючи бур'яни, що розташовуються в гребені, а оброблений ґрунт гребеня розкидається в міжрядді. Використання винаходу дозволяє повністю знищити бур'яни на плантаціях культурних рослин, що вирощуються розсадним способом, і виключають застосування ручної праці

Винахід № 29561 (рис. 2.8) – метою зменшення зношування робочого органу культиватора змінено форму робочої поверхні.

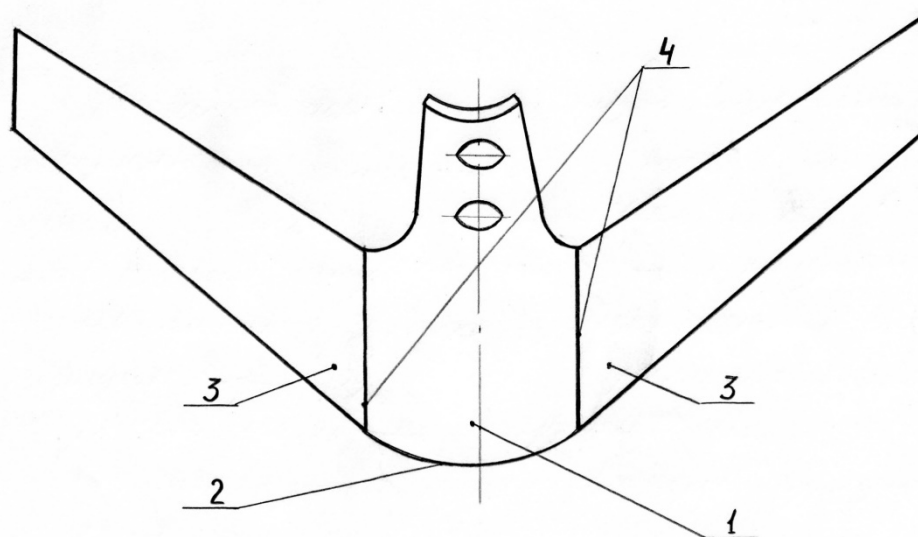


Рисунок 2.8 - № 29561

Робочий орган культиватора функціонує таким чином.

Носок робочого органу опуклий, завдяки чому ґрунт розпушується рівномірно по всьому циліндричному контуру носка, що значно зменшує навантаження і, як наслідок, знос поверхні носка. Після процесу розпушування ґрунту деформатором, крила тіла лапи розпушують залишки ґрунту і працюють в режимі напіввільного різання.

Зменшення зносу носкової та крилової частини заготовки призводить до збільшення терміну служби знаряддя.

Винахід № 38105 (рис. 2.9) – являє собою модифікацію форми робочої поверхні для зменшення зносу робочого органу культиватора.

Це технічне досягнення досягається шляхом нанесення на поверхню лапи матеріалів з різною зносостійкістю. Зносостійкість зменшується від носка лапи до кінчиків крил.

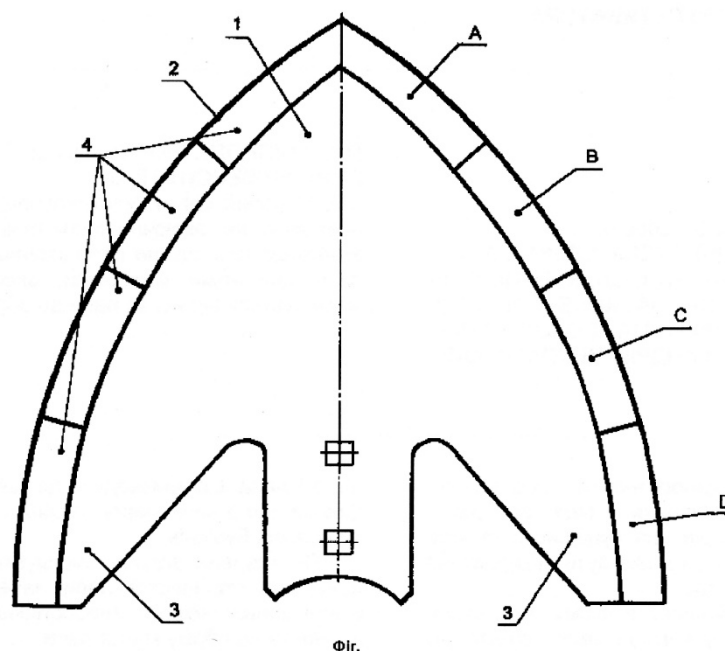


Рисунок 2.9 - № 38105

Лезо, що представлено у якості кривої лінії, кривизна якої зростає від початку леза до кінця, а кут між дотичною лінією і напрямком руху зменшується. Поверхня леза 3 покрита зносостійким змінним матеріалом 4: на ділянці А зносостійкість найвища, на ділянці D-найнижча, В і С-проміжні значення.

Долото заглиблюється на глибину, що агрономічно обумовлена і в процесі поступального руху та взаємодії з ґрунтом зношуються його лапи. Наявність різних зон зносостійкості забезпечує збереження вихідних технічних і геометричних параметрів лапи, які визначають якість роботи робочого органу.

Винахід № 85100 (рис. 2.10) спрямований на забезпечення якісного, спрямованого підрізання бур'янів лезом.

Це технічне досягнення досягається тим, що профіль зубчастого леза дозволяє підвищити якість зрізання стебел за рахунок зміни кута атаки ріжучої кромки леза під час руху. Крім того, створюються умови для самозаточування леза. Хвилястий профіль збільшує ступінь самозаточування леза за рахунок збільшення сили тертя ґрунту об лезо. Крім того, хвиляста поверхня робочого органу посиляє вібрації в поверхневий шар ґрунту, покращуючи розпушування ґрунту.

Прорізани щелепами 1 бур'яни зависають на криволінійному лезі 2, яке складається з 8 профілів зубів, причому якість підрізання стебел можна покращити за рахунок зміни кута атаки ріжучої кромки криволінійного леза 2 під час руху. Крім того, створюються умови для самозаточування криволінійного леза 2. Завдяки тому, що криволінійне лезо 2 є хвилястим, збільшується тертя між ґрунтом і криволінійною поверхнею криволінійного леза 2, а також покращується ступінь самозаточування криволінійного леза 2. Крім того, поверхня робочого органу 9 культиватора виконана хвилястою, а кут $\alpha = 5...135$ між хвилястими гребенями збільшений..135 збільшується від початку 3 до кінця 4 криволінійного леза, тим самим передаючи коливання верхньому шару ґрунту і покращуючи розпушування. Зі збільшенням кривизни леза 2 бур'яни переміщуються від початку 3 до кінця 4 леза під тиском потоку пухкого ґрунту. Кут 5 нахилу дотичної 6 до напрямку руху 7 збільшує тиск потоку розпушеного ґрунту і забезпечує переміщення бур'янів від кінця леза 4. Покращується розпушування ґрунту, що зменшує амплітуду хвилястості 9 гребенів 11 від початку 3 до кінця 4 вигнутого леза 2. Підрізани та зірвані стрілочастими лапами 1 бур'яни зависають на них і під дією реакції ґрунту з прискореною швидкістю рухаються вздовж леза 2 і таким чином зрізаються. Лезо 2 постійно самозагострюється, формуючи в процесі роботи профіль зуба 8. Набуття лезом 2 профілю зуба 8 підвищує ефективність різання. Смуги зносостійкого матеріалу 12 нанесені на вигнуту поверхню леза

2 під кутом, який забезпечує орієнтоване зношування матеріалу для формування профілю зуба леза 2.

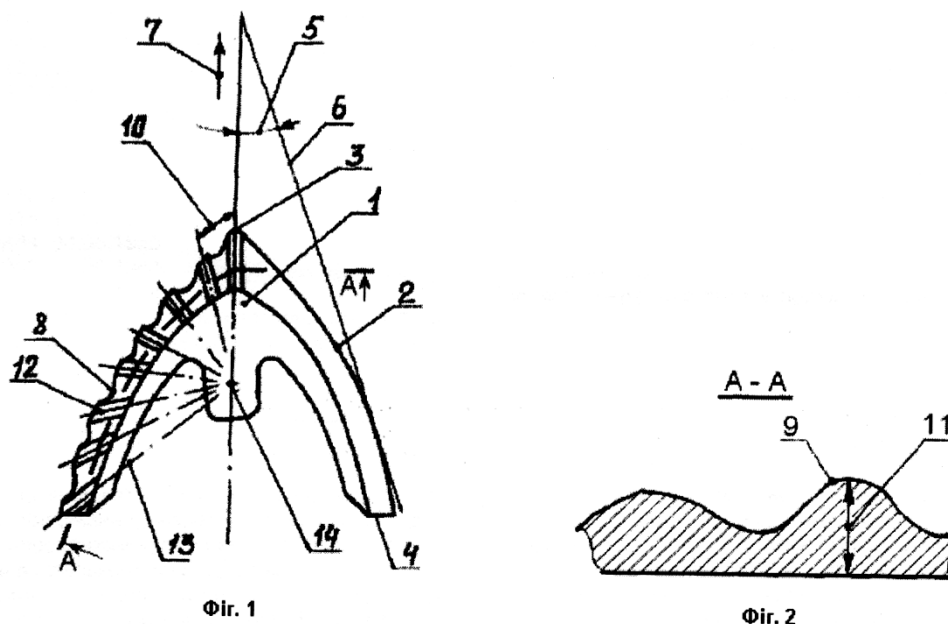


Рисунок 2.10 - № 85100

Винахід № 37755 (рис. 2.11) - являє собою модифікацію форми робочого органу з метою підвищення технічного ресурсу.

Це технічне досягнення досягається тим, що лапи мають ромбічну форму.

Робочий орган культиватора включає стійку 1 та лапи 2. Лапа кріпиться до стійки за допомогою центрального гвинта 3 і двох пальців 4. Лезо 5 лапи 2 має наплавлений навколо нього зносостійкий матеріал 6. Стрілчасті лапи заглиблюються на агрономічно визначену глибину і їх леза зношуються в процесі поступового руху. Для суцільної обробки лапи можуть бути встановлені на максимальну робочу ширину A_1 з кутом нахилу $2\gamma_1 = 100$ градусів.

При міжрядному обробітку посівів можливо працювати з меншим кутом розхилу $2\gamma_2 = 80^\circ$, що відповідає меншій ширині захвату A_2 . В будь-якому варіанті спершу зношуються дві суміжні сторони. Після недопустимого зносу лапу на стійці або стійку разом з лапою переставляють на 180° і в роботу вступають дві суміжні сторони. Завдяки цьому додатково збільшується

зносостійкість робочого органу, знижується його тяговий опір, покращуються технологічні показники ґрунтообробки.

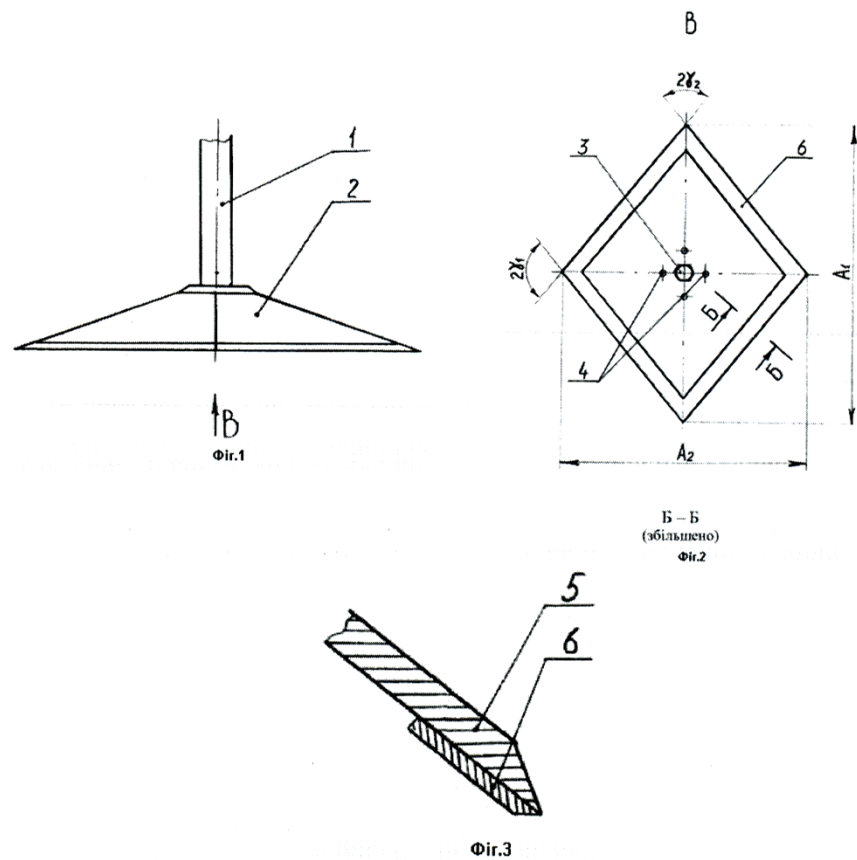


Рисунок 2.11 - № 37755

Висновки

Причиною великої кількості різних типів культиваторів є те, що механічні та технологічні властивості ґрунтів значно відрізняються в різних кліматичних зонах.

Механічні та технологічні властивості ґрунтів значно відрізняються в різних кліматичних зонах.

Після вивчення існуючих технологічних рішень було прийнято рішення вдосконалити культиватор КРН-5,6 шляхом оснащення його робочим органом, розробленим кафедрою сільськогосподарських машин патент № 70620.

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

3.1 Розробленої конструкції опис

На рисунку 3.1 зображено робочий орган культиватора, вид зверху.

Робочий орган культиватора включає передню лапу 1 у формі стріли, на передній лапі 1 встановлено криволінійне лезо 2, яке представляє собою алгебраїчну криву типу Локона-Аньезі, виражену формулою $(x^2 - a^2)y - a^3 = 0$.

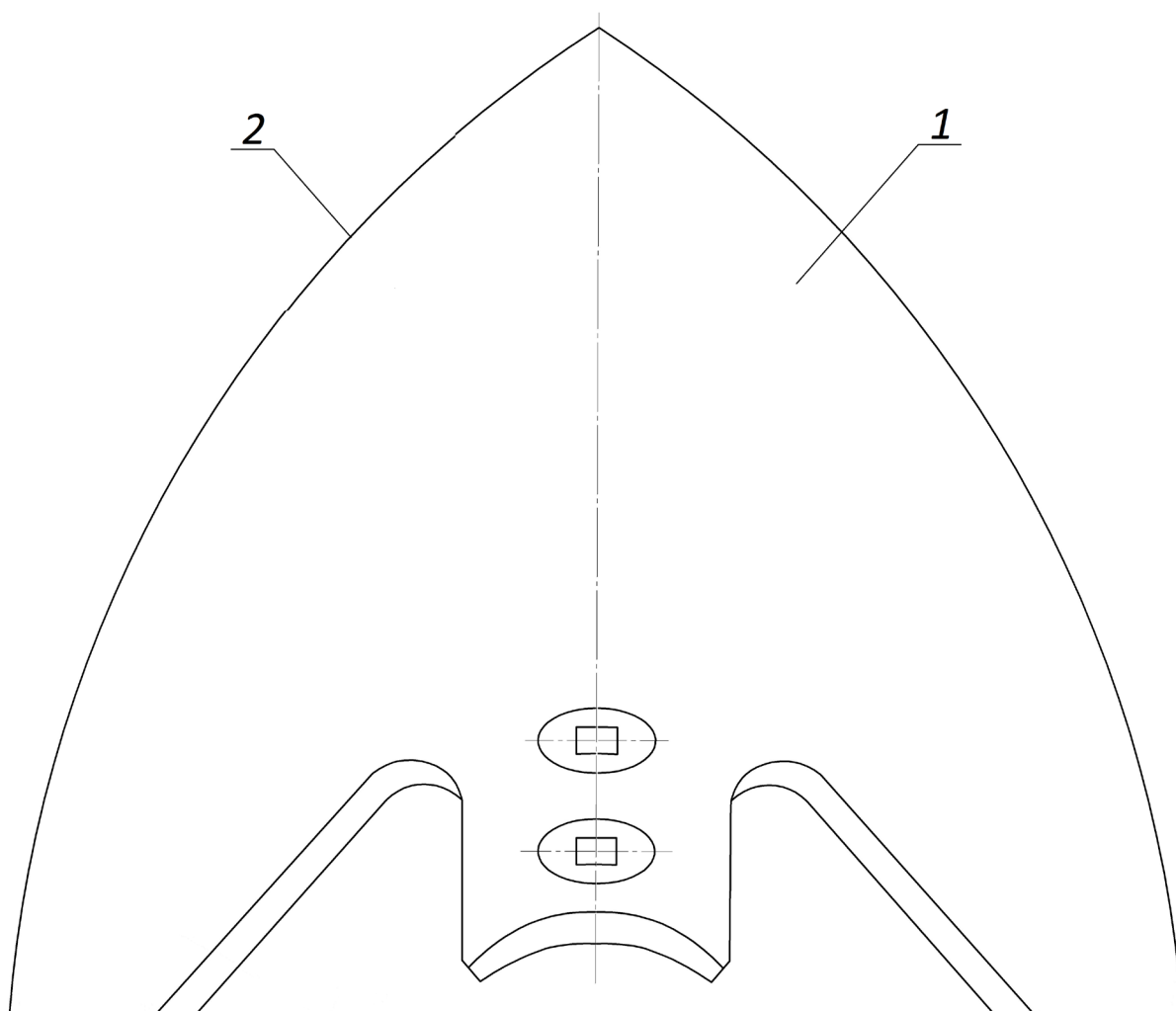


Рисунок 3.1 - Орган культиватора робочий

Лапи заглиблюються на агротехнічну глибину і в процесі руху вперед підрізають бур'яни та подрібнюють ґрунт.

Зрізані і подрібнені лапами бур'яни рухаються вздовж леза під впливом потоку розпушеного ґрунту від початку до кінця леза, не затримуючись на лезі. Вигнуте лезо забезпечує спуск бур'янів з кінця леза лапи, зменшуючи тяговий опір.

Запропонований робочий орган культиватора може бути виготовлений і багаторазово відтворений будь-яким машинобудівним підприємством без особливих витрат.

Попередні оцінки показали, що конструкція надійна в роботі і технічно обґрунтована у використанні.

3.2 Технологія використання модернізованої машини

Величину захисної зони регулюють пересуванням тримачів секції робочих органів.

Під час роботи культиватора важіль розподільника трактора повинен бути переведений в положення «плаваюче». Переведення культиватора із робочого положення в транспортне і навпаки виконується гідросистемою трактора, встановлюючи важелі розподільного пристрою в положення «підйом» і «плаваюче», щоб забезпечити зняття копіювання рельєфу поля. Регулювання транспортного проміжку виконують транспортним ланцюгом секції шляхом підбору кількості ланок.

Забороняється при роботі культиватора користуватись позиціями розподільника «опускання» і «заперто», так як в цьому випадку можлива деформація бруса і вісей коліс.

Не допускається забивання робочих органів землею і бур'янами. Очистка відбувається підйомами культиватора, струшуванням на поворотах і чистиком на зупинках.

Повороти трактора необхідно проводити тільки при піднятих робочих органах. При опущеному культиваторі не допускається переміщення культиватора назад.

Очищення робочих органів і коліс від налиплого ґрунту і бур'янів проводиться ручним чистиком.

3.3 Обґрунтування кута постановки леза лапи

Постановочний кут має відповідати наступним вимогам:

1. Забезпечити якісне кришення ґрунту.
2. Забезпечити рух ґрунту по поверхні Крила передніх лап неконсолідується, що призводить до інтенсивного обгортання передніх лап рослинними залишками.

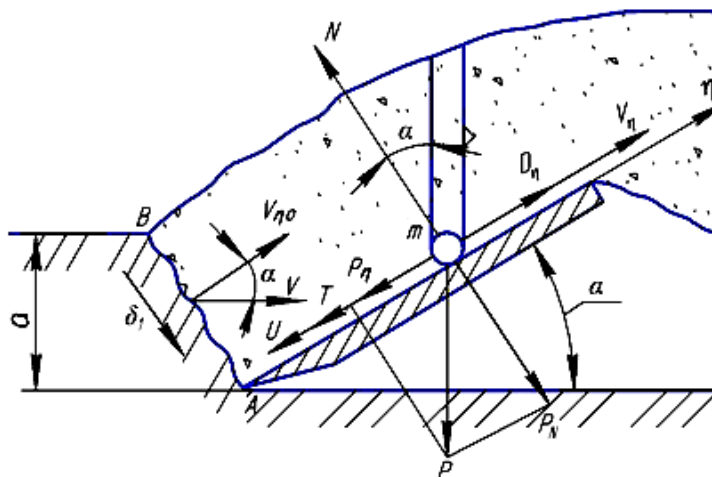


Рисунок 3.2 - Сили, що діють

Розглянемо значення кута на основі останніх теоретичних розробок в теорії розпушування ґрунту.

Сколювання ґрунту відбувається вздовж тріщин, які знаходяться під кутом до горизонтальної лінії (рис. 3.2). Це відбувається, коли напруження в тріщині перевищує межу міцності на зсув.

Останні напрацювання в теорії розпушення ґрунту встановлюють зв'язок між напруженням σ_1 і кутом постановки клина α наступне співвідношення

$$\sigma_1 = \frac{T \cdot \sin \phi_2}{d_z \cdot S_i \cdot \cos(\alpha + \phi_2)}, \quad (3.1)$$

звідки: T , Н;

ϕ_2 , град.;

d_z , м;

S_i , м.

Зусилля тертя елементів представлено виразом

$$T = C \cdot F_c, \quad (3.2)$$

звідки: C , Н/м²;

F_c , м².

Зчеплення елементів різних складів ґрунтів розташовується в діапазоні $C = 1,7 \dots 3,4$ кН/м², при значенні вол. 18 %. Показник $C = 3,4$ кН/м² буде характерний суглинку, виходячи з цього з наступних визначеннях застосуємо відповідне значення.

Площа зколювання буде представлена:

$$F_c = \frac{b \cdot a}{2 \sin \gamma_o \cos \psi}, \quad (3.3)$$

звідки a , м;

b , м.

$\psi = 45^\circ$ виходячи з цього

$$F_c = \frac{b \cdot a}{1,41 \cdot \sin \gamma_o}. \quad (3.4)$$

Співставляючи F_c з $C = 3,4 \text{ кН/м}^2$ будемо мати значення зчеплення часток

$$T = 3,4 \frac{b \cdot a}{1,41 \cdot \sin \gamma_o} = 2,4 \frac{b \cdot a}{\sin \gamma_o}. \quad (3.5)$$

$S_i = 0,025 \text{ м}$, шар стружки, що знімається буде рівний глибині $d_z = a$, в цьому випадку σ_1 виглядатиме так:

$$\sigma_1 = \frac{2,4 \cdot b \cdot \sin \varphi_2}{\sin \gamma_o \cdot S_i \cdot \cos(\alpha + \varphi_2)}. \quad (3.6)$$

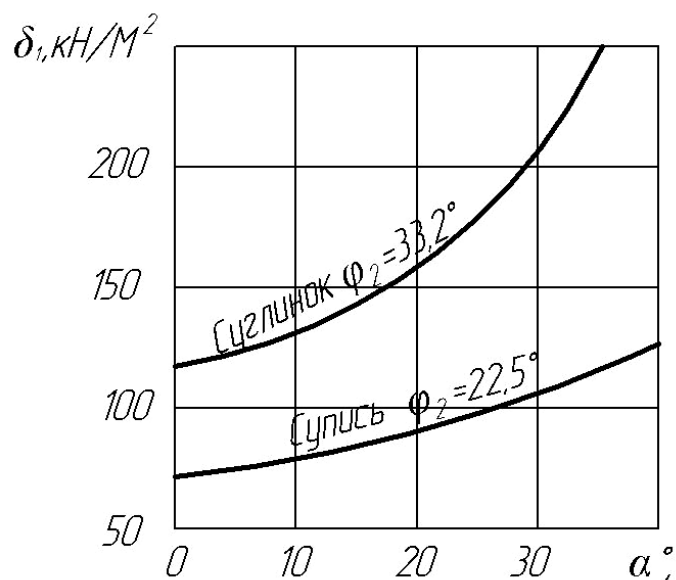


Рисунок 3.3 - Напруження, що виникають в ґрунті

Цікавим фактом є те, що напруження також виникають у ґрунті під кутом $= 0$, але їх значення базуються на міцності на зсув $= 1,2 \cdot 104 \text{ Н/м}^2$, що не є значною величиною порівняно з межею міцності ґрунту на зсув, що призводить до утворення тріщини, відповідно, більшої глибини.

Граничне напруження зсуву рівне $[\sigma_{зсув.}] = 102 \text{ Н/м}^2$, тому стійкому тріщиноутворенню і кришення буде відповідати кут $\alpha = 26...28^\circ$.

Сила що визиває рух елементарної частинки буде динамічний напір

$$D_{\eta} = \rho \cdot S \cdot v_{\eta}^2,$$

де: ρ , кг/м³;

S , м².

$$T = f_1 \cdot P_N;$$

$$U = P_o \cdot S_k,$$

звідки: P_N , Н;

f_1 , відн. од;

P_o , Н/м²;

S_k , м².

Усі складові, що діють на елементарну частинку можна представити

$$P_{N1} = m \cdot g \cdot \cos \alpha,$$

і відповідно сили тяжіння ґрунту,

$$P_{N2} = s \cdot \rho \cdot \frac{a}{\cos \alpha},$$

де: g , м/с².

Остаточно будемо мати

$$T = f_1 \cdot P_N = f_1 (P_{N1} + P_{N2}) = f_1 \left(m \cdot g \cdot \cos \alpha + s \cdot \rho \cdot \frac{a}{\cos \alpha} \right)$$

Окрім сил тертя T і прилипання U руху частки буде перешкоджати тангенціальна складова сили тяжіння

$$P_{\eta} = m \cdot g \cdot \sin \alpha .$$

Представимо диференційне рівняння переміщення частки

$$m \frac{d^2 \eta}{dt^2} = D_{\eta} - T - P_{\eta} - U , \quad (3.7)$$

звідки: m , кг.

$$\frac{d^2 \eta}{dt^2} = \frac{dv_{\eta}}{d\eta} \cdot \frac{d\eta}{dt} = \frac{dv_{\eta}}{d\eta} \cdot v_{\eta} ,$$

отримуємо диференційне рівняння в наступному вигляді

$$m v_{\eta} \frac{dv_{\eta}}{d\eta} = \rho \cdot S \cdot v_{\eta}^2 - f_1 \left(m \cdot g \cdot \cos \alpha + s \cdot \rho \cdot \frac{a}{\cos \alpha} \right) - m \cdot g \cdot \sin \alpha - P_o \cdot S_k . \quad (3.8)$$

Провівши перетворення, приходимо до диференціального рівняння з відокремлюваними змінними

$$d_{\eta} = m \frac{v_{\eta} dv_{\eta}}{A v_{\eta}^2 - B} , \quad (3.9)$$

де: $A = \rho \cdot S$;

$$B = f_1 \left(m \cdot g \cdot \cos \alpha + s \cdot \rho \cdot \frac{a}{\cos \alpha} \right) - m \cdot g \cdot \sin \alpha - P_o \cdot S_k .$$

Інтегруючи (3.9) отримаємо:

$$\eta = \frac{m}{2A} \ln |A v_{\eta}^2 - B| + C . \quad (3.10)$$

$$\eta_o = 0, v_{\eta_o} = v \cdot \cos \alpha ,$$

звідки: v , м/с.

Значення η_0 і v_{η_0} підставимо в (3.10) будемо мати

$$C = -\frac{m}{2A} \ln |Av^2 \cos^2 \alpha - B| = -\frac{m}{2A} \ln |Av_{\eta_0}^2 - B|.$$

В кінцевому варіанті швидкість частки v_{η}

$$\eta = \frac{m}{2A} \ln |Av_{\eta}^2 - B| - \frac{m}{2A} |Av^2 \cos^2 \alpha - B|.$$

На графіках 3.4 приведені залежності руху частки залежно від швидкості

Як видно з графіка, швидкість руху зменшується зі збільшенням відстані, пройденої частинками, незалежно від швидкості руху культиватора та кута нахилу лап.

Це пов'язано з тим, що після подрібнення частинки ґрунту отримують початковий імпульс і рухаються далі за інерцією.

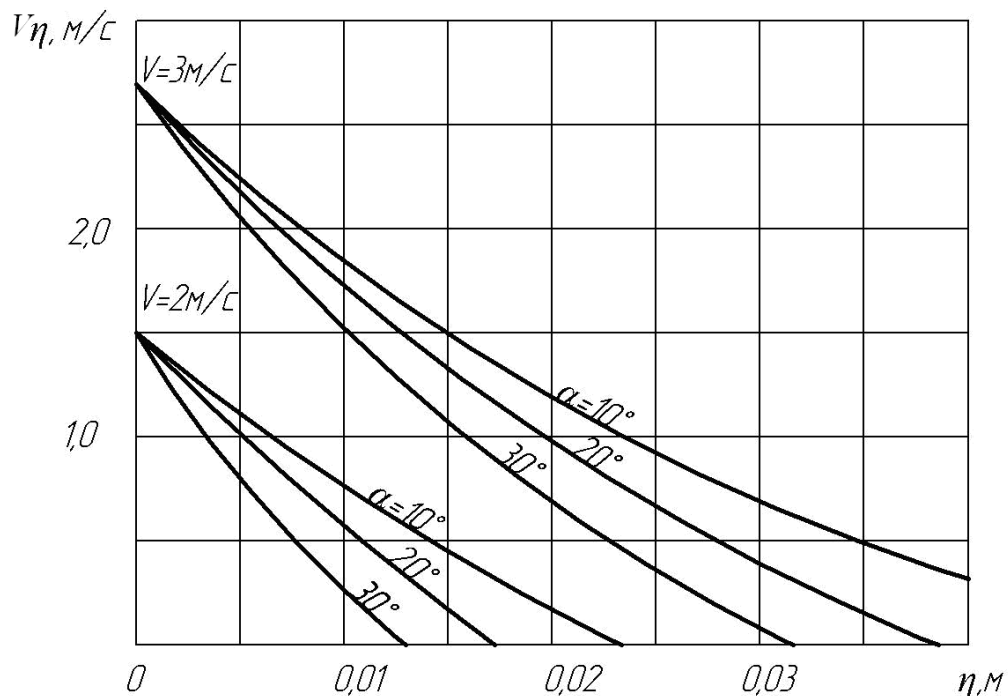


Рисунок 3.4 - Залежності швидкості руху частки ґрунту

Для втілення цього типу лап були задані наступні параметри:

Кут нахилу леза ψ по відношенню до горизонтальної лінії, кут скосу полиці ε , зовнішній радіус спряження полиці та щитка лапи, ширина захвату лапи B , висота леза H , ширина полиці b_1 та b_2 , товщина матеріалу δ , кут загострення леза i та кут нахилу лапи β .

При цьому кут ω на розгортці, де перетинаються лінії полиці і щитка, має становити 180 градусів.

Величина кута Ω визначиться із залежності:

$$\Omega = 180 + \varepsilon_0 - (\psi + \alpha) \quad (3.11)$$

Щоб кут Ω був рівний 180° , необхідна умова:

$$\varepsilon_0 = \psi + \alpha \quad (3.12)$$

Після чого

$$\cos \varepsilon_0 = \cos \alpha \cos \varepsilon$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \sin \varepsilon$$

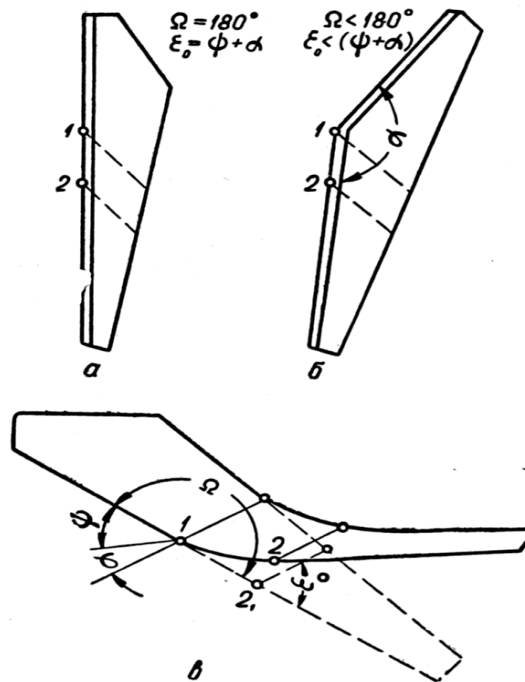


Рисунок 3.5 - Проекції полиці при побудові

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin \varepsilon}$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} 13 \cdot \sin 30 = 0.1155$$

$$\alpha_1 = 6.30$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{21} = \operatorname{tg} 15 \cdot \sin 32 = 0.1420$$

$$\alpha_1 = 8.05$$

Прийнявши $\psi = 24^\circ$ і $\alpha = 8^\circ$, визначимо, що $\varepsilon_0 = \psi + \alpha = 32$

Підставивши знайдені значення отримаємо:

$$\cos \varepsilon = \frac{\cos \varepsilon_0}{\cos \alpha} = \frac{\cos 32}{\cos 8} = \frac{0.848}{0.990} = 0.856$$

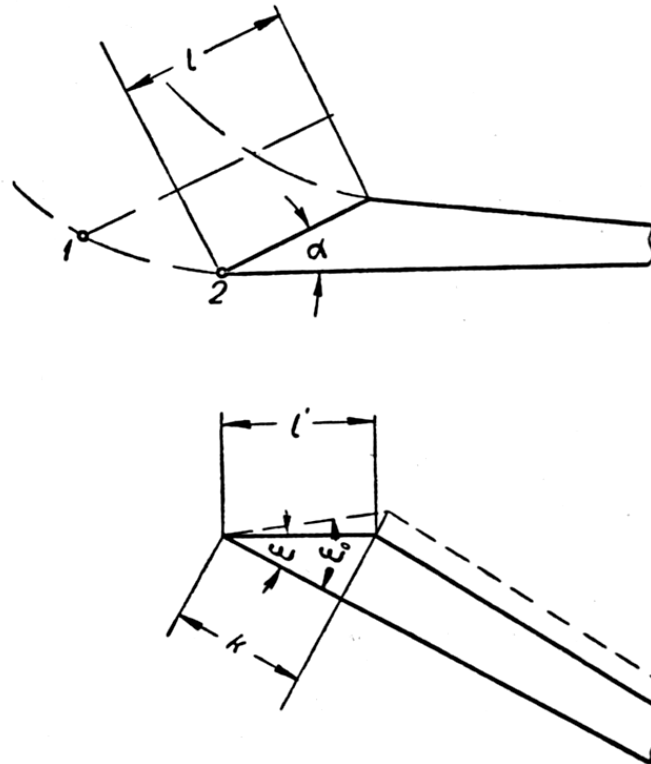


Рисунок 3.6 - Схема побудови розгортки односторонньої плоскоріжучої лапи

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sin \varepsilon} = \frac{\operatorname{tg}8}{\sin 31.05} = \frac{0.1405}{0.51628} = 0.2722$$

Звідки $\beta = 15^{\circ}14$

Знайдено значення β виходить за межі заданого, тому розрахунок повторюємо. Для цього приймаємо, що $\psi = 25^{\circ}$ і $\alpha = 8^{\circ}$

Тоді $\varepsilon_0 = 33^{\circ}$

$$\cos \varepsilon = \frac{\cos \varepsilon_0}{\cos \alpha} = \frac{\cos 33}{\cos 8} = \frac{0.839}{0.990} = 0.847$$

Тоді $\varepsilon_0 = 32^{\circ}07$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sin \varepsilon} = \frac{\operatorname{tg}8}{\sin 32.07} = \frac{0.1405}{0.53164} = 0.2643$$

Звідки $\beta = 14^{\circ}48$

$$\Omega = 180 + \varepsilon_0 - (\psi + \alpha) = 180 + 32,30 - (25 + 7,30) = 180^{\circ}$$

3.4 Міцнісний розрахунок

В дипломному проекті нами проведена модернізація робочого органу культиватора.

Розглянемо можливість заміни болтів кріплення лап до рами.

Матеріал стояка і рами Сталь Б-20 ГОСТ 10705-80.

Запропонований діаметр болта

$$d > 3 \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot [\tau]}} \quad (3.13)$$

звідки: $[\tau] = (0,6 \dots 0,8) \cdot [\tau_P]$

F, кН.

$$F = f \cdot F_m, \quad (3.14)$$

звідки: F_T , кН;

$$f = 0,2$$

$$F_T = \frac{2 \cdot L \cdot W_{PO1}}{z \cdot t}, \quad (3.15)$$

звідки: W_{PO1} , кН

$$L = 0,60, \text{ м}$$

$$z = 2, \text{ шт};$$

$$t = 0,10, \text{ м}$$

$$F_T = 18 \text{ кН}$$

Відповідно до значення на розрив

$$d > \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 18000}{3,14 \cdot 70}} = 7,2 \text{ мм.}$$

Враховуючи значення з запасом $k = 1,5$ буде прийнято М12-6g.

3.5 Визначення опору агрегату

Проведемо визначення режимів роботи енергетичного засобу МТЗ-82

Визначаємо номінальний крутний момент двигуна, Нм:

$$M_e = \frac{9.81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot Ne}{\pi \cdot n_e}, \quad (3.16)$$

$$M_e = \frac{9.81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot 44.2}{3.14 \cdot 1750} = 241 \text{ Нм.}$$

$$M_{e_{\max}} = 1.05 \cdot Me, \quad (3.17)$$

- $N_e = 44,2$ кВт;
- $n_e = 1750$ хв⁻¹;
- $g_e = 253$ г/кВт-год;
- $R = 0,95$ м;
- $V = 2,2$ м/с;
- $\eta = 0,88$;
- $P = 150$ кПа;
- $f_k = 0,11$;
- $u = 62$;

$$M_{e_{\max}} = 1.05 \cdot 241 = 253 \text{ Нм.}$$

$$n_{em} = n_e \cdot 1.5^{-1}, \quad (3.18)$$

$$n_{em} = 1750 \cdot 1.5^{-1} = 1167 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{\max} = n_e \cdot 0.92^{-1}, \quad (3.19)$$

$$n_{\max} = 1750 \cdot 0.92^{-1} = 1842 \text{ хв}^{-1}.$$

При максимальному крутному моменті потужність двигуна буде становити:

$$N_{em} = \frac{\pi \cdot Me_{\max} \cdot n_{em}}{9.81 \cdot 30 \cdot 102}, \quad (3.20)$$

$$N_{em} = \frac{3.14 \cdot 253 \cdot 1167}{9.81 \cdot 30 \cdot 102} = 30.88 \text{ кВт.}$$

$M = M_e$ складе:

$$G_e = g_e \cdot Ne, \quad (3.21)$$

$$G_e = 253 \cdot 44.2 \cdot 10^{-3} = 11.2 \text{ кг/ год.}$$

$M = M_{e \max}$, складе:

$$G_e = g_e \cdot Nem, \quad (3.22)$$

$M = 0$:

$$G_e = G_{em} \quad (3.23)$$

$$G_{em} = 253 \cdot 30.88 \cdot 10^{-3} = 7.81 \text{ кг/ год.}$$

Показники, що визначено заносимо представимо в табличній формі

Число обертів <u>вала</u> двигуна, хв ⁻¹		Крутний момент, Нм	
позначення	величина	позначення	величина
n_e	1750	M_e	241
n_{em}	1167	$M_{e \max}$	253
$n_{d \max}$	1842	M_{em}	0

Значення тяги в умовах буксування рушія

$$\delta = A \left(\frac{T \max}{9.81 \cdot G_M} \right) + B \left(\frac{T \max}{9.81 \cdot G_M} \right)^n = 1, \quad (3.24)$$

Звідки : T_{\max} , кН;

δ коеф.;

A, B, n коеф.

Визначимо силу опору коченню

$$P_f = 9.81 \cdot G_M \cdot f_k, \quad (3.25)$$

$$P_f = 9.81 \cdot 3.33 \cdot 0.11 = 3.59 \text{ кН.}$$

$$P_0 = \frac{Me \cdot u \cdot \eta}{R}, \quad (3.26)$$

$$P_0 = \frac{241 \cdot 10^{-3} \cdot 62 \cdot 0.88}{0.95} = 14,00 \text{ кН.}$$

$$V_{gi} = \frac{\pi \cdot R \cdot n_i \cdot (1 - \delta_i)}{30 \cdot u}, \text{ м/с,}$$

(3.27)

$$N_{Ti} = T_i \cdot V_{gi}, \quad (3.28)$$

$$g_{Ti} = \frac{1000 \cdot G_{Ti}}{N_{Ti}}, \quad (3.29)$$

звідки: G_{Ti} , кг/год.

Перевіряємо трактор на оптимальний тяговий режим по зчепленню з ґрунтом за умовою:

$$T_H \geq \sum W, \quad (3.30)$$

Отримані значення будуть задовольняти умові, а тому $12,96 > 12,83$ в межах похибки.

3.6 Розрахунок продуктивності

Продуктивність будемо визначати згідно (3.31)

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_P \cdot \tau, \quad (3.31)$$

$$\tau = \frac{T_P}{T_{3M}}, \quad (3.32)$$

звідки: T_P , год;

T_{3M} , год.

Враховуючи довідкові данні на відповідних режимах отримаємо

$$T_P = 6,7 \text{ год} \quad (3.33)$$

Коеф. часу зміни:

$$\tau = \frac{6,7}{8} = 0,83 \quad (3.34)$$

$$W_{год} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 4,5 \cdot 0,83 = 2,09 \text{ га/год.} \quad (3.35)$$

Змінна продуктивність

$$W_{3M} = 2,09 \cdot 8 = 16,72 \text{ га/зм} \quad (3.36)$$

Витрати ПММ для режиму можна представити так:

$$q = \frac{Q_P \cdot T_P + Q_X \cdot T_X + Q_O \cdot T_O}{0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot T_P} \quad (3.37)$$

де: q , кг/га;

Q_P , кг;

Q_X , кг;

Q_O , кг;

T_P , год.;

T_X , год.;

T_O , год.

У відповідності до розрахунків згідно (3.37) будемо мати, витрати дизельного палива в межах $q = 4,4$ кг/га.

Висновки

Встановлення на культиватор модернізованих робочих органів дозволить покращити якість обробки та загальні техніко-економічні показники.

Обґрунтовано кут встановлення крил лапи, у відповідності до вимог рихлення ґрунту і безперервності потоку руху ґрунту. Граничне напруження зсуву рівне $[\sigma_{зсув.}] = 102$ Н/м², тому стійкому тріщиноутворенню і кришення буде відповідати кут $\alpha = 26...28^\circ$.

Запропонована конструкція є поверхнею, що розгортається і дозволяє виготовляти стандартні типорозміри культиваторних лап: 230, 270, 330 мм.

Спроектована стрільчаста лапа з хвостовиком, а також односторонні полольні лапи для боротьби з бур'янами, що дозволить покращити якість обробки ґрунту і зменшити кількість однолітніх бур'янів.

Згідно з розрахунками, удосконалений культиватор може агрегатуватися з трактором МТЗ-82 в тяговому режимі, що близький до оптимального.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Щоб забезпечити виконання вимог охорони праці, держава придала їм силу закону. Вони слугують керівництвом для створення здорових і безпечних умов праці. Якщо з'являється необхідність забезпечити безпеку праці у випадках, не оговорених у правилах, то адміністрація при погодженні з профспілковим комітетом зобов'язана прийняти відповідні міри.

У своїй діяльності з охорони праці директор керується законодавчими та нормативними даними, актами, наказами та розпорядженнями вищестоящих органів. У межах вповноважень та посадових обов'язків, він зобов'язаний: забезпечувати створення безпечних умов праці, паспортизацію праці, заключати колективний договір та забезпечувати їх матеріальними засобами; забезпечувати літературою, інструкціями стандартами, наглядними посібниками; організовувати навчання та підвищувати кваліфікацію робітників господарства; затверджувати інструкції по охороні праці.

А. Загальні вимоги до агрегату

- двигун не повинен мати течі пального масла і води; проникнення відпрацьованих газів у з'єднанні вихлопного колектора з двигуном і вихлопною трубою забороняється;

- поручні та підніжки не повинні виступати за габарити машини;

- кабіна повинна мати пристрій, що забезпечує підтримання рівномірної температури повітря в теплий період не більше чим на 2...3 °С вище температури зовнішнього повітря, але не нижче 14 °С и не вище 28 °С при відносній вологості повітря 40...60 %;

- габаритні розміри машин, що пересуваються по дорогам загального призначення повинні бути не більше 2,5 м за шириною і 4,0 м по висоті. (негабаритні самохідні сільськогосподарські машини повинні бути забезпеченні сигнальними засобами у відповідності до Правил дорожнього руху і мати у верхній точці мигаючий світловий сигнал оранжевого чи жовтого кольору)

- двері кабіни повинні бути обладнані пристроями для автоматичного їх утримання в крайніх положеннях;

Б. Міри безпеки перед початком роботи

- муфта зчеплення повинна повністю вимикатися (не вести) і вмикатися (не пробуксовувати), вільний хід педалі муфти зчеплення встановлюється в межах 35...40мм.

- щоб уникнути мимовільного вимикання передачі необхідно, щоб блокувальний механізм був відрегульований.

- перевірити справність гідравлічної системи, нещільності і течі в гідравлічній системі не допускаються.

- перевірити наявність і справність прикладеного інструмента і пристосувань, засобів протипожежного захисту, бачка з питною водою, аптечки першої медичної допомоги, систему висвітлення.

- при наявності акумулятора, він міцно повинний бути закріплений на штатному місці. Поверхня акумуляторів повинна бути чистою, пробки щільно загорнені, а клеми покриті тонким шаром технічного вазеліну і надійно закріплені.

- при перевірці щільності і рівня електроліту в акумуляторних батареях варто остерігатися потрапляння електроліту на тіло й одяг. У випадку коли електроліт потрапив на тіло чи одяг, потрібно це місце промити.

- очищення робочих органів проводять при заглушеному двигуні.

В. Міри безпеки під час роботи

- при заправці водою відкривати кришку радіатора гарячого двигуна треба в рукавицях, нахилиючи її в сторону так, щоб не обпекти паром обличчя і руки.

- застосовувати етилований бензин для заправлення пускового двигуна можна у випадку крайньої необхідності (при відсутності в господарстві не етилованого бензину) і при виконанні наступних правил: краплі бензину, що потрапили на шкіру, необхідно змити водою з милом; при влученні крапель

пар бензину в очі, їх необхідно промити водою негайно звернутися по медичною допомогою.

- переконатися у відсутності обслуговуючого персоналу біля агрегату, дати сигнал, запустити двигун.

- перевірити роботу начіпної системи.

- після дощу переїжджати через канави, рухатися уздовж схилів на поворотах треба тільки на нижчій передачі.

Г. Міри безпеки при складанні агрегату

- під час приєднання трактора і машини забороняється робітникам знаходитися між трактором і машиною й у безпосередній близькості від механізмів.

- навішування повинно відбуватись при повній зупинці трактора.

Д. Міри безпеки по закінченні роботи

- оставити агрегат на місце стоянки, опустити знаряддя, загальмувати його. Оглянути й очистити агрегат від бруду, упорядкувати робоче місце.

- при здачі зміни повідомити зміннику про технічний стан агрегату, а також про особливості рельєфу ділянки.

- зняти й упорядкувати спецодяг.

- при підготовці агрегату для роботи в нічний час перевірити справність усіх приладів освітлення і відрегулювати їх так, щоб була забезпечена гарна видимість фронту роботи і робітників органів, перевірити освітлення щитка приладів.

- заправку трактора паливом, оливою, водою робити тільки при природному світлі. У випадку змушеного заправлення в нічний час варто користатися переносною електричною лампою освітлення від іншого трактора.

Є. Міри протипожежної безпеки

- не допускати течі палива й оливи, особливо на двигуні.

- електрообладнання трактора повинно бути надійно захищено і заземлено.

- не допускається перегрів двигуна.

- не можна заправляти паливний бак при працюючому двигуні. При заправленні не допускати проливання палива й оливи, не палити і не користуватися відкритим вогнем.

- забороняється мати на тракторі додаткові ємкості з паливо - мастильними матеріалами. Для гасіння пожежі застосовувати вогнегасник, пісок, брезент, лопатку.

Висновки

Приведено загальні вимоги до агрегату, міри безпеки перед початком роботи, міри безпеки під час роботи, міри безпеки при складанні агрегату, міри безпеки по закінченні роботи та міри протипожежної безпеки.

5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{1,84} = 163,04 \text{ год.} & K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{2,09} = 143,54 \text{ год.} & (5.1)
 \end{array}$$

ВП:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 163,04 \cdot 1 = 163,04 \text{ год.} & V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 143,54 \cdot 1 = 143,54 \text{ год.} & (5.2)
 \end{array}$$

де: n = 1 особа

ЕВ

ЗП з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (5.3)$$

C_T , грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коеф.;

$K_2 = 1,375$ – коеф.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 \Pi = 60/1,84 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 5380 \text{ грн./га} & & \Pi = 47,36 \text{ грн./га}
 \end{array}$$

АВ

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 \text{Тр: } A_{\text{ТР}} = \frac{585000 \cdot 25}{100 \cdot 1550 \cdot 1,84} = 51,27 \text{ грн/га} & A_{\text{ТР}} = \frac{585000 \cdot 25}{100 \cdot 1550 \cdot 2,17} = 51,27 \text{ грн/га} & \\
 \text{К: } A_{\text{М}} = \frac{55500 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 1,84} = 7,8 \text{ грн/га} & A_{\text{М}} = \frac{55000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 2,17} = 6,92 \text{ грн/га} &
 \end{array}$$

Всього: $A_{\Sigma} = 59,07$ грн/га

$A_{\Sigma} = 58,19$ грн/га

В на ПММ

Б

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 4,6 = 276 \text{ грн./га}$$

П

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 4,4 = 264 \text{ грн./га}$$

В на ТО, ТР, ЗБ

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K, \quad (5.4)$$

де: B_B , грн.;

K – коеф.

Т:

$$\text{Б} \quad V_{\text{ТР}} = \frac{585000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 163,04 \cdot 1,84} = 374,40 \text{ грн./га}$$

$$\text{П} \quad V_{\text{ТР}} = \frac{585000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 143,54 \cdot 2,09} = 374,40 \text{ грн./га}$$

К:

$$\text{Б} \quad V_M = \frac{55500 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 163,04 \cdot 1,84} = 15,17 \text{ грн/га}$$

$$\text{П} \quad V_M = \frac{56000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 143,54 \cdot 2,09} = 15,30 \text{ грн/га}$$

$$\Sigma B = 389,59 \text{ грн/га}$$

$$\Sigma B = 389,7 \text{ грн/га}$$

ΣE_B витрат на 1 га:

Б

$$E_B = 53,80 + 59,07 + 276 + 389,59 = 778,46 \text{ грн/га}$$

П

$$E_B = 47,36 + 58,19 + 264 + 389,7 = 759,25 \text{ грн/га}$$

КВ на 1 га:

	Б	П
Т:	$K_B = \frac{B_B}{W_{CEЗ}} = \frac{585000}{300} = 1950 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{585000}{300} = 1950 \text{ грн/га}$
К:	$K_B = \frac{55500}{300} = 185 \text{ грн/га}$	$K_B = \frac{56000}{300} = 186,7 \text{ грн/га}$

Всього:

	Б	П
	$K_B = 2135 \text{ грн/га}$	$K_B = 2136,7 \text{ грн/га}$

Приведені витрати на 1га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Б

$$П_B = 778,46 + 0,15 \cdot 2135 = 1098,71 \text{ грн./га}$$

П

$$П_B = 759,25 + 0,15 \cdot 2136,7 = 1079,75 \text{ грн./га}$$

ПВ на Σ робіт:

Б

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{CEЗ} = 1098,71 \cdot 300 = 329613 \text{ грн.}$$

Проект

$$П_{B\Sigma} = 1079,75 \cdot 300 = 323925 \text{ грн.}$$

РЕЕ:

$$E_E = 329613 - 323925 = 5688 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних витрат

$$N = 0,1 \text{ років}$$

Висновки

Модернізація машини дозволить зменшити експлуатаційні витрати порівняно з базовим культиватором, з річним економічним ефектом 5688 грн і терміном окупності 0,1 року від його використання. Ці розрахунки підтверджують правильність обраного вдосконаленого варіанту.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Розробка та реалізація перспективного плану розвитку господарства, що займається вирощуванням просапних культур, є важливим кроком на шляху до забезпечення стабільного зростання та конкурентоспроможності. Врахування сучасних викликів та можливостей, впровадження інновацій та ефективне управління ресурсами дозволять господарству досягти високих результатів, забезпечити високу якість продукції та внести свій внесок у розвиток аграрного сектора.

2. Приведені агротехнічні вимоги до міжрядного обробітку кукурудзи.

3. Перелік патентів та науково-технічної літератури показує, що існує багато технічних рішень, спрямованих на підвищення якості обробітку ґрунту.

Причиною великої кількості різних типів культиваторів є те, що механічні та технологічні властивості ґрунтів значно відрізняються в різних кліматичних зонах.

Механічні та технологічні властивості ґрунтів значно відрізняються в різних кліматичних зонах.

Після вивчення існуючих технологічних рішень було прийнято рішення вдосконалити культиватор КРН-5,6 шляхом оснащення його робочим органом, розробленим кафедрою сільськогосподарських машин патент № 70620.

4. Запропонована конструкція культиватора дозволяє покращити якість обробки ґрунту в міжряддях, відсутнє винесення вологих шарів ґрунту на денну поверхню, що призводить до значної втрати вологи в горизонті який підлягає обробітку, ерозійно небезпечні частки ґрунту просипаються в нижні шари. Застосування запропонованого технічного рішення забезпечить підвищення надійності, зниження витрат і покращення якісних показників роботи.

5. Обґрунтовано кут встановлення крил лапи, у відповідності до вимог рихлення ґрунту і безперервності потоку руху ґрунту. Граничне напруження зсуву рівне $[\sigma_{зсув.}] = 102 \text{ Н/м}^2$, тому стійкому тріщиноутворенню і кришення буде відповідати кут $\alpha = 26...28^\circ$.

Запропонована конструкція є поверхнею, що розгортається і дозволяє виготовляти стандартні типорозміри культиваторних лап: 230, 270, 330 мм.

Під час вибору форми лобової поверхні стійки треба враховувати не тільки утворення ущільнюючого ядра, але й вплив рослинних залишків. Враховуючи вище сказане можна зробити висновок, що найкраще використовувати стійки з напівкруглою формою лобової поверхні.

6. Як показують розрахунки діаметр болтів кріплення можна прийняти М12 – 6g. Внесені конструктивні зміни не погіршили загальної надійності машини.

7. Запропонована модернізація машини, як виявилось по основних порівняльних показниках не поступається машинам закордонних виробників відповідного призначення і класу, а також доведено значну економію палива і мастильних матеріалів.

8. Модернізація не погіршила умови праці трактористів. Конструктивні зміни не погіршили стан охорони навколишнього середовища.

9. Розрахунок техніко-економічних показників доводить, що модернізація машини дозволить зменшити експлуатаційні витрати порівняно з базовим культиватором, з річним економічним ефектом 5688 грн і окупності 0,1 року. Ці розрахунки підтверджують правильність обраного вдосконаленого варіанту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сільськогосподарські машини: підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.; За ред. Д. Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
2. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
3. Войтюк Д.Г., Барановський В.Н., Булгаков В.Н. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. – К.: Вища освіта, 2005. - 464 с.
4. Кобець А. С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 1999. – 204 с.
5. Кобець А. С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин: практикум / Кобець А. С. Кобець О. М., Пугач А. М. – Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2011. – 164 с.
6. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник для здобувачів професійної освіти / В.І. Скрипник. – Київ.: Літера ЛТД, 2019. – 256 с.
7. Головчук А. Ф., Марченко В. І., Орлов В. Ф., Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. проф. А. Ф. Головчука. Книга 3 – Машини сільськогосподарські . – К.: Грамота, 2005 р. – 576 с.
8. Комаристов В. Ю., Дунай М. Ф. Сільськогосподарські машини. – К.: Вища школа, 1987. – 486 с.
9. Антонишин Р. З., Козырев С. Н. Карты технологической наладки почвообрабатывающих и посевных машинно-тракторных агрегатов: Учеб. пособие. – К.: Вища школа, 1991. – 126 с.
10. Гапоненко В. С. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1993. – 448 с.

11. Головчук А. Ф., Марченко В. І., Орлов В. Ф., Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. проф. А. Ф. Головчука. Книга 2 – Комбайни зернозбиральні . – К.: Грамота, 2004 р. – 320 с.

12. Комплексы машин для промышленных технологий производства сахарной свеклы и кукурузы / И. Н. Серебряков, Ю. И. Ковтун, Н. В. Татьянко и др.; Под ред. И. Н. Серебрякова, Ю. И. Ковтуна. – К.: Урожай, 1988. – 136 с.

13. Панченко А. Н. Практикум по сельскохозяйственным машинам. Раздел: мелиоративные машины. Днепропетровск, ДГАУ, 1993. – 102 с.

14. Паламарчук В. І., Проценко О. О., Козачук А. М. та ін. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків. За ред. О. О. Проценко. – К.: Урожай, 1987. – 240 с.

15. Погорелый Л. В. «Механизация производства сахарной свеклы», – К.: Урожай. 1981. – 172 с.

16. Рудич С. И. и др. Комплексная механизация орошения малых участков. – К.: Урожай, 1973. – 220 с.

17. Справочник по механизации кормопроизводства / Л. И. Грачева, А. В. Грачев, А. П. Вербицкий; Под ред. Л. И. Грачевой. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.

18. Тудель Н. В. и др. Промышленная технология производства кукурузы. – К.: Урожай, 1985. – 168 с.

19. Масло І. П., Тимошенко С. П., Онуфриенко Ю. Ф. та ін. Механізація захисту рослин. – К.: Урожай, 1989. – 124 с.

20. Хоменко М. С., Зырянов В. А., Насонов В. А. Механизация посева зерновых культур и трав. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.

21. Тудель М. В., Козаченко Б. О., Герасимчик В. Г. та ін. Спеціальні комбайни. – К.: Урожай, 1988. – 463 с.

22. Практикум з технологічної наладки та усуненню несправностей сільськогосподарських машин. / Гаврилук Г. Р., Живолуп Г. І., Короткевич П. С. та ін. За ред. Г. Р. Гаврилюка. – К.: Урожай, 1995. – 280 с.

23. Шикула Н. К. Почвозащитная система земледелия. – Харьков: Прапор, 1987. – 240 с.
24. Ярмашев Ю. М. та ін. Довідник комбайнера. – К.: Урожай, 1989. – 176 с.
25. Погорілець О. М., Живолуп Г. І. Зернозбиральні комбайни. – К.: Урожай, 1994. – 232 с.
26. Ромащенко М. І., Доценко В. І., Онопрієнко Д. М. Системи краплинного зрошення. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ, 2007. – 175 с.
27. Проектування сільськогосподарських машин / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк та ін. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О. В., 2010.
28. Панченко А. Н. Теория и расчет сельскохозяйственных машин. Лабораторный практикум. Днепропетровск: ДГАУ, 2002. – 396 с.
29. Погорелый Л. В., Татьянко А. В., Брей В. В. Свеклоуборочные машины: конструирование и расчет. – К.: Техника, 1989. – 168 с.
30. Сільськогосподарські машини. Частина 3. Посівні машини / Бакум М. В., Бобрусь І. С., Морозов І. В., Нікітін С. П. та ін.; за ред. М. В. Бакума. – Харків, 2005. – 332 с.
31. Бакум М. В. Сільськогосподарські машини: у 2-х т.: Ч.2. Машини для внесення добрив / М. В. Бакум, І. С. Бобрусь, А. Д. Михайлов та ін.; за ред. М. В. Бакума. – Харків: ХНТУСГ, 2008. – Т.1. – 285 с.
32. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин: Довід. / Г.Р. Гаврилук, Г.І. Живолуп, П.С. Короткевич та ін.. – К.: Урожай, 1988. – 256с.
33. Доценко В. І., Морозов В. В., Онопрієнко Д. М. Зрошення сільськогосподарських культур способом дощування: навчальний посібник / В. І. Доценко, В. В. Морозов, Д. М. Онопрієнко – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 448 с.

34. Зрошення сільськогосподарських культур самопливно-поверхневим способом: навчальний посібник / В. І. Доценко, В. В. Коваленко, Л. М. Рудаков, Т. І. Ткачук – Дніпро: ДДАЕУ, 2020. – 198 с.

35. Ден Эсс, Марк Морган. Руководство по точному земледелию. Перевод Тарика А.Г. , Днепропетровский государственный университет, 156 с.

ДОДАТКИ