

**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 поверхневого
обробітку ґрунту з модернізацією культиватора
КШУ- 8**

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

_____Паталаха Володимир Володимирович

Керівник: _____Пугач Андрій Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ 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)

(прізвище,
ініціали)

« ____ » _____ 2023 р.

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

Паталасі Володимиру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з модернізацією культиватора КШУ-8.

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)

<i>Форм</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
A4		1	52.ДП.023.000000.ПЗ	Пояснювальна записка		
				Графічні матеріали		
		2	52.ДП.023.000002	Огляд існуючих конструкцій		
		3	52.ДП.023.000003	Загальний вигляд машини		
		4	52.ДП.023.000004	Складальне креслення вузла		
		5	52.ДП.023.000005	Деталювання		
		6	52.ДП.023.000006	Економічні показники		
		7	52.ДП.023.000007	Висновки		

				<i>52.ДП.023.000000.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		
Розроб.		Паталаха В.В.				
Перевір.		Пугач А.М.				
Реценз.						
Н. Контр.		Теслюк Г.В.				
Затверд.		Теслюк Г.В.				

Відомість дипломного проекту

<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>

ДДАЄУ

АНОТАЦІЯ

Паталаха Володимир Володимирович Удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з модернізацією культиватора КШУ-8 / Випускний кваліфікаційний проєкт на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Проєкт присвячено механізації поверхневого обробітку ґрунту з модернізацією культиватора. 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 52 сторінках машинописного тексту, містить 32 джерел використаної літератури.

Ключові слова: поверхневий обробіток ґрунту, робочий орган, широкозахватний культиватор, вітрова ерозія, плоскоріз.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.....	8
Висновки.....	11
2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ.....	12
2.1 Агротехнічні вимоги до процесу	12
2.2 Огляд існуючих конструкцій.....	13
Висновки.....	23
3 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ.....	24
3.1 Опис розробленої конструкції.....	24
3.2 Обґрунтування витрат енергії при суцільному обробітку ґрунту	26
3.3 Обґрунтування передбаченої якості розпушення ґрунту культиваторними лапами.....	28
3.4 Розрахунок параметрів пружної борінки.....	30
3.5 Оцінка якості розпушення пружним елементом.....	33
3.6 обґрунтування продуктивності технологічного процесу.....	34
Висновки.....	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА...39	
Висновки.....	42
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	43
Висновки.....	47
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	50
ДОДАТКИ.....	53

ВСТУП

Обробіток ґрунту займає одне з головних місць в комплексі заходів щодо підвищення родючості ґрунтів, врожайності польових культур і захисту від водної і вітрової ерозії. Вживані в даний час ґрунтообробні машини не повністю забезпечують необхідну якість обробітку ґрунту і не для всіх ґрунтово-кліматичних зон вони ефективні. Це наочно видно на прикладі теми даного проекту. Навіть в одному господарстві, машина, яку ми розробляємо, не може однаково експлуатуватися. Тому розробка високоефективної техніки для конкретних умов є однією з найважливіших задач сільськогосподарського виробництва. Практична інтенсифікація сільськогосподарського виробництва означає перехід до високої культури землеробства, посилене вживання, а головне розумне, мінеральних і органічних добрив, поліпшення машин і знарядь для отримання високої якості кінцевої продукції.

Сьогодні є необхідність підвищення культури землеробства, організацію систематичної роботи по захисту ґрунтів від ерозійних процесів, що розвиваються, оскільки це є початковою матеріальною основою добробуту природи. В умовах нових ринкових економічних відносинах агропромисловий комплекс України терпить перетворення. Особливі зміни відбуваються в організації праці, економічних відносинах, формах господарювання. У цих умовах багато сільськогосподарських підприємств знаходяться на низькому рівні розвитку, через те, що, не мають надійну матеріально-технічну базу, для проведення заходів щодо своєчасного забезпечення функціонування підприємства.

Останніми роками машино - тракторний парк став застарілий, через брак коштів на придбання нової техніки. Не дивлячись на скрутні умови праці проводиться величезна робота в підтримці в працездатному стані машин і модифікації старих, створенню нових, більш універсальних, економічно вигідних, що дозволяють понизити собівартість продукції. Вдосконалення сільськогосподарської техніки, використання передових технологій, приводить до поліпшення умов праці, збереження родючого шару ґрунту і підвищення якості продукції з мінімальними витратами.

1 КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

ТОВ «Хлистун» спеціалізується на вирощуванні зернових, технічних, бобових культур.

Місце розташування с. Новоолександрівка Синельниківського р-ну, Дніської області.

В об'єм земельних володінь входять залужені яри, лісосмуги, ставки, площі під довготермінові побудови. Площа орних ґрунтів в останні роки змінюється за рахунок оренди земель в сусідніх господарствах і навіть в сусідніх районах об'єм орних значно зріс. Додаткові площі використовувались, головним чином, під вирощування товарного соняшника. На постійній площі орних ґрунтів вирощують озиму пшеницю, озимий ячмінь, кукурудзу, горох, ярові ячмінь і пшеницю.

Середній розмір поля 120 га.

Абсолютний мінімум температури повітря за багаторічними даними становить – 32 градусів, що вказує на можливість вимерзання озимих культур, що трапляється у останні роки досить часто.

Заморозки в середньому закінчуються в останній декаді квітня, а починаються у другій декаді жовтня. В окремі роки спостерігаються пізні

весняні заморозки – 11 травня та ранні осінні – 23 вересня.

Важливим кліматичним фактором є відносна вологість повітря.

Найвища відносна вологість спостерігається в осінньо-зимовий період. На протязі періоду з квітня по жовтень відносна вологість падає до 30 %. При такій вологості настає засуха. Число днів з такою вологістю становить в середньому 31.

Наведені дані говорять про те, що кліматичні умови господарства сприятливі для вирощування всіх районованих сільськогосподарських культур.

В господарстві проваджуються інтенсивні ресурсозберігаючі технології вирощування основних сільськогосподарських культур. В табл. 1.1 приведено кількісний склад енергетичних засобів станом на 06.05.2024.

Таблиця 1.1 - Забезпеченість енергетичними засобами

№ п/п	Найменування	Кількість, шт.
Автомобілі		
1	ГАЗ-53	1
2	ЗІЛ 554	1
3	КаМаЗ 53212	1
4	КаМаЗ 5320	1
Трактори		
1	Джон Дір 8400	1
2	Т-150К	2
3	МТЗ-82	1
4	МТЗ-80	1
5	ЮМЗ-6	2
Комбайни		
1	John Deere 9500	1
2	Claas lexion 470	1

Таблиця 1.2 - Забезпеченість технічними засобами

№ п/п	Найменування	Кількість од.
1	Борона ДМТ-6	1
2	Борона ЗПГ-15	1
3	Культиватор КПС-4	2
4	Культиватор КП-4-1	1

5	Культиватор КПЄ-3,8	1
6	ПЛН-5-35	1
7	ПНЯ-4-40	2
8	Прес-підбирач Роланд	1
9	Розкидач РУМ-8	1
10	Сівалка СЗ-3,6А	2
11	Сівалка СУПН-8-01	2
12	Сівалка СЗ-5,4	3
13	Борона БЗС-1,0	15
14	Сівалка СН-16	1
15	Розкидач RN-650	2
16	Борона БИГ-3	1
17	Коток К-6	1
18	Косарка КРС-2,0	1

Неповний перелік енергетичних і технічних засобів, які наведені в табл. 1.1 і 1.2. доводить, що наявні технічні засоби забезпечують виконання всіх агротехнічних прийомів в повному обсязі і в допустимі агротехнічні терміни.

Перелік наявної ґрунтообробної техніки дозволяє реалізовувати основний обробіток ґрунту як з обертанням скиби, так і з збереженням рослинних решток на поверхні ґрунту для запобігання ерозії.

Кількісний склад посівних машин забезпечує навантаження, при якому тривалість сівби не перевищує 10 діб по господарству в цілому.

Таблиця 1.3 - Врожайність сільськогосподарських культур, ц/га

Культура	Роки		
	2021	2022	2023
Пшениця озима	37,5	39,8	40,6
Жито озиме	35,4	36,2	37,2
Ячмінь	38	39,5	40,2
Овес	30	31,5	32
Горох	21,3	23,6	23,9

Одним з показників, що характеризують якість освоєння інтенсивної технології, є витрата нафтопродуктів на проведення польових робіт.

З даної таблиці видно, що витрата дизельного палива стабільна. В господарстві має місце спрощення технології, відмовлення від проведення ряду агротехнічних прийомів, що позначилося на висоті врожайності, величині прибутку і рівні рентабельності.

Висновки

Провівши аналіз особливостей поверхневого обробітку ґрунту ми прийшли до висновку, що проблема обробітку відповідно до агротехнічних вимог стоїть досить гостро. Для вирішення поставленої задачі нами пропонується модернізація культиватора КШУ-8, що забезпечить більш якісне підрізання бур'янів і підвищення якісних показників роботи на різних швидкостях обробітку.

Для вирішення цієї задачі нами будуть виконані необхідні кінематичні, технологічні, міцнісні і експлуатаційні розрахунки і, в остаточному підсумку, обґрунтовано з погляду економіки доцільність такої розробки.

2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ

2.1 Агротехнічні вимоги до процесу

Перелік основних агротехнічних вимог до поверхневого обробітку ґрунту культиватором.

Глибина обробітку: Важливо встановити оптимальну глибину обробітку, яка забезпечить розроблення землі на необхідну глибину для розвитку кореневої системи культурних рослин, але при цьому уникати надмірного розпушення.

Швидкість обертання: Налаштування швидкості обертання культиватора повинно бути таким, щоб забезпечити ефективний розрив грудочок землі та змішування рослинних залишків без надмірного видалення гумусного шару.

Робоча ширина: Робоча ширина культиватора повинна бути залежна від конкретних умов ґрунту та вимог культурних рослин, забезпечуючи оптимальне зрушення ґрунту та збереження його структури.

Стан і гострота робочих органів: Важливо регулярно перевіряти стан і гостроту робочих органів культиватора, оскільки це впливає на якість обробітку та енергоефективність роботи.

Погодні умови: Проведення поверхневого обробітку культиватором слід планувати з урахуванням погодних умов, уникати роботи на занадто вологому або сухому ґрунті, щоб уникнути компактації або руйнування структури ґрунту.

Врахування типу ґрунту: Тип ґрунту (глинистий, піщаний, суглинистий тощо) також важливий при виборі техніки та параметрів обробітку.

Використання захисних пристроїв: Перед початком роботи необхідно переконатися, що культиватор обладнаний всіма необхідними захисними

пристроями, такими як охоронні ковзаючі муфти або пристрої для запобігання ушкодженням при зіткненні зі сталими об'єктами в ґрунті.

Планування маршруту руху: Перед початком роботи слід заздалегідь спланувати маршрут руху культиватора, уникати перекриття та нерівностей на полі, щоб уникнути непродуктивного часу та зменшити ризик пошкодження обладнання.

Моніторинг якості обробітку: Під час роботи важливо регулярно моніторити якість обробітку ґрунту, уникати нерівностей та пропусків, які можуть призвести до недостатнього розроблення ґрунту або пошкодження культурних рослин.

Регулярне обслуговування та технічне обслуговування: Для забезпечення надійності та ефективності роботи культиватора важливо вчасно проводити регулярне обслуговування та технічне обслуговування, включаючи змащення, заточування робочих органів та заміну витратних деталей.

Ці додаткові аспекти доповнюють базові вимоги і допомагають забезпечити ефективну та безпечну роботу з культиватором на полі. Вимоги допоможуть забезпечити ефективний та екологічно безпечний поверхневий обробіток ґрунту культиватором.

2.2 Огляд існуючих конструкцій

Патент на винахід № 75695 (рис. 2.1) - знаряддя для обробітку ґрунту.

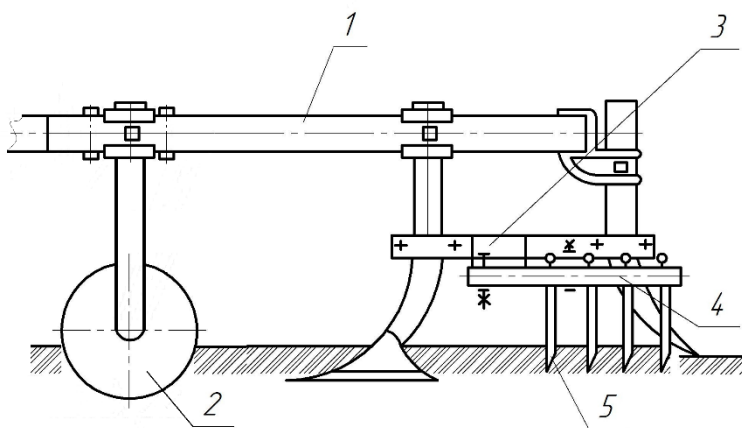


Рисунок 2.1 - Патент № 75695

Інструмент складається з поперечної опори, на якій закріплений вал 1. На валу 1 встановлена пазова фреза 2, виконана у вигляді плоского диска, який вільно обертається в опорі підшипника. Ламелі 4 кріпляться з обох боків до центральної опори 4, з'єднаної між собою поперечиною з можливістю встановлення кута їх установки. Кожен стовп 4 має регульовані по висоті зубці 5. Засіб працює таким чином.

Під час роботи знаряддя для обробітку ґрунту з поперечними коливаннями агрегату, завдяки наявності фрези 2 підтримується перпендикулярний рух робочих органів, можна зменшити захисну площу культурних рослин. Під час роботи зуби 5 розпушують ґрунтову кірку і очищають міжряддя від бур'янів, а стрижні 4, закріплені в нижньому положенні на поверхні ґрунту і під кутом до напрямку руху, виконують обвалування ґрунту культурних рослин і вирівнюють міжряддя.

Закріплені на більш високому рівні, ніж планки 4, смуги центрального бруса 3 не згруджують перед собою ґрунтову і рослинну масу, не погіршують таким чином технологічний процес. Застосування технічного рішення забезпечить зниження травмування кореневої системи рослин в межах захисної зони при поперечних коливаннях агрегату, підвищить точність водіння агрегату по рядках.

Патент на винахід № 70617 (рис. 2.2) - борона.

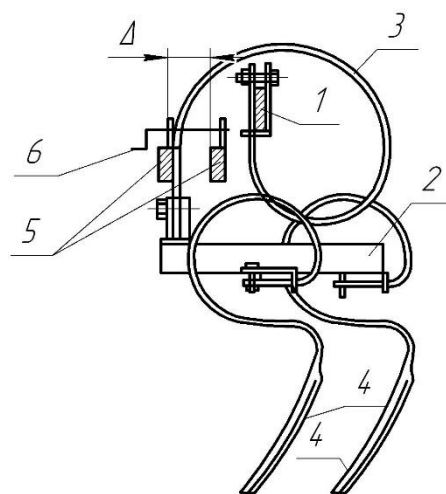


Рисунок 2.2 - Патент № 70617

Борона містить раму 1 і повздовжній тримач 2, з'єднаний з нею спіральною пружиною 3. На тримачі 2 закріплені по два робочих органа 4, виконаних у вигляді спіралі. Спіральна пружина 3 знаходиться між двома упорами 5, відстань між якими Δ можливо змінювати, за рахунок гвинтового механізму 6, встановлюючи межі відхилення тримача 2 з робочими органами 4. Робочий процес здійснюється наступним чином.

При роботі борони робочі органи 4 коливаються відносно тримача 2, а тримач – відносно рами 1 і завдяки пружному кріпленню до неї.

Якщо перед робочими органами 4, що закріплені на одному тримачі 2, збираються рослинні рештки і ґрунт, спіральна пружина 3 згинається, відстань між сусідніми групами робочих органів 4 змінюється в межах, що обумовлюється відстанню між упорами Δ , яку можливо змінювати, за рахунок гвинтового механізму 6.

Попередня оцінка показала, що конструкція надійна у експлуатації та технологічна при використанні.

Патент на винахід № 70612 (рис. 2.3) - ґрунтообробне знаряддя.

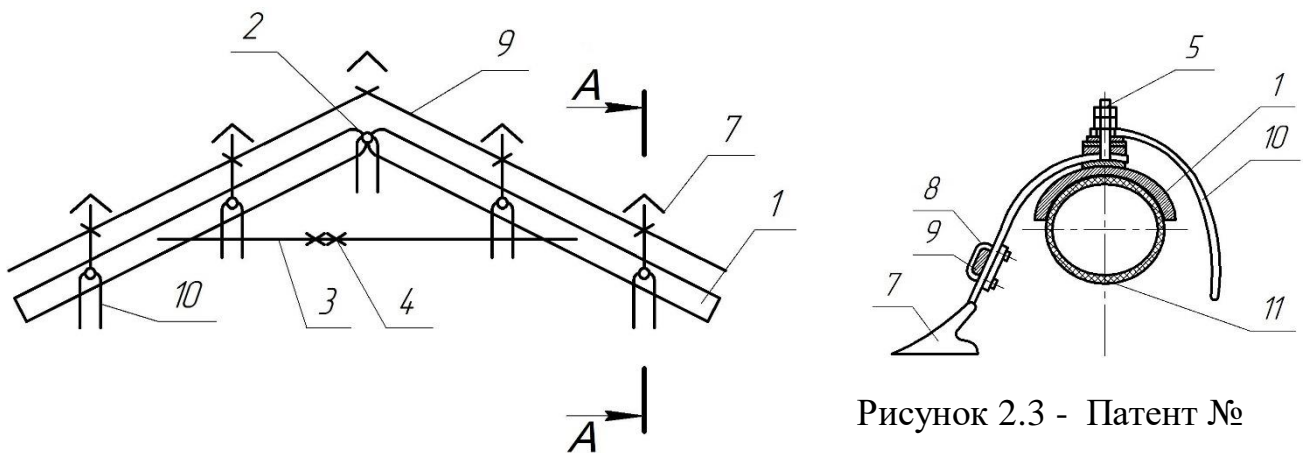


Рисунок 2.3 - Патент № 70612

Румпель складається з двосекційної еліптичної рами 1, з'єднаної шарніром 2 і телескопічною тягою 3 із замком 4, що спирається на пневматичну подушку 11. Рама 1 закріплена на вертикальній частині 6 стрілкової лапи 7 за допомогою штифта 5. До нижньої частини вертикальної

ніжки 6 хомутом 8 прикріплена вирівнююча планка 9. Штифт 5 також має еластичний бампер 10. Пневматична подушка 11 має вентиль (непоказаний) для наповнення стисненим повітрям.

Культиватор працює наступним чином.

Під час руху по полю стрілочасті лапи 7 розбивають верхній шар ґрунту на глибину загортання насіння, створюючи ущільнене ложе. Вирівнююча планка 9, встановлена на висоті 1,5-2 см над поверхнею поля, виконує первинне вирівнювання. Остаточне вирівнювання здійснюється пневматичними подушками 11, які розбивають грудки і вдавлюють їх в ґрунт, усуваючи утворення шкідливих для ерозії частинок і утримуючи грудки прийнятної розміру. Це значно зменшує передачу вібрації на трактор, оскільки коливання поглинаються пневматичною подушкою.

Інтенсивність впливу знаряддя на ґрунт регулюється тиском повітря і кутом нахилу секції рами.

Патент на винахід № 70619 (рис. 2.4) - знаряддя для обробітку ґрунту.

Знаряддя складається з горизонтальної планки (на схемі не показано), до якої кріпляться гребені, та двох ланок 1 і 6, з'єднаних між собою ланками 7 і вертикальними шарнірами 8 і 9. Гребені спираються на імітатори коліс 2, а планки 4 прикріплені з обох боків до центрального бруска 3. Планки 4 з'єднані між собою поперечними планками, а кути їх встановлення можна регулювати. Кожна планка 4 має регульовані по висоті зуби 5.

Робота здійснюється наступним чином.

Під час роботи культиватора бічна вібрація агрегату викликає поворот з'єднання 7 відносно шарніра 9, зберігаючи при цьому прямолінійний рух робочого органу.

При цьому ґрунтообробні зуби 5 розпушують ґрунтову кірку і вичісують бур'яни, що ростуть між гребенями, а планки 4, закріплені під кутом до напрямку руху в більш низькому положенні на поверхні ґрунту, підгортають культуру разом з ґрунтом і вирівнюють гребені. Оскільки центральна смуга планки 3 закріплена вище, ніж планки 4, вона не дозволяє

грунту і рослинним грудкам ущільнюватися перед нею, що погіршує технологічний процес.

Застосування цього технічного рішення зменшує пошкодження кореневої системи рослин в зоні захисту під час бічних коливань агрегату.

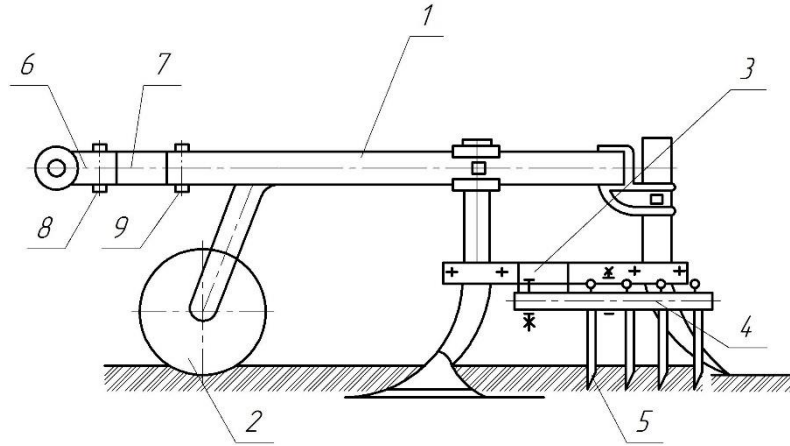


Рисунок 2.4. Патент № 70619

Патент на винахід № 70267 (рис. 2.5) - глибокорозпушувач ґрунту.

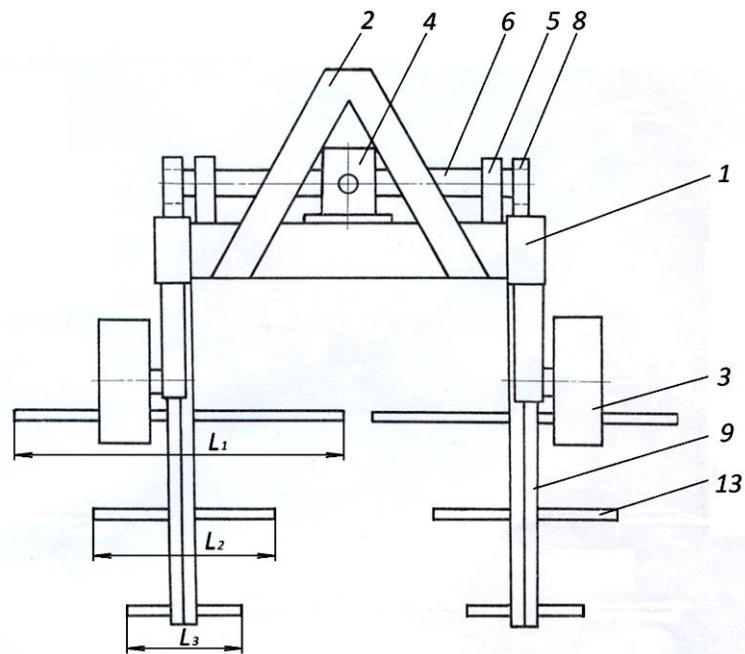


Рисунок 2.5 - Патент № 70267

Глибокорозпушувач складається з рами 1 з начіпним пристроєм 2 і опорними колесами 3. На рамі 1 встановлено конічний редуктор 4 і

підшипникові опори 5, на яких змонтовано приводний вал 6, з'єднаний з редуктором 4 для приводу обертання. Привідний вал 6 має на обох кінцях ексцентрикові ділянки 7, на яких обертально встановлена тяга 8. На рамі 1 з можливістю повороту встановлена стійка 9 та проушини 10. Стійка 9 має механізм регулювання кута її нахилу, при цьому на стійці 9 з можливістю повороту закріплений упор 11, який вільним кінцем за допомогою різьбової частини надітий на проушину 10 і закріплений гайкою 12. Обертаючи гайку 12, упор 11 можна переміщати в проушині 10, тим самим змінюючи кут нахилу стійки 9 по відношенню до вертикалі. На стійці 9 через рівні проміжки шарнірно закріплені вібророзпушувачі у вигляді трапецієподібних пластин 13, встановлені на шарнірах і ступінчасто розташовані, причому менша основа звернена до монтажного шарніра 14. Стійка складається з двох половин, одна з яких має паз, а інша - плоску пластину. Шарнір 14 пластини 13 вставляється в паз, а друга половина стійки 9 пропускається через отвір, просвердлений в пластині 13, і жорстко з'єднується з першою половиною, утворюючи міцну стійку 9. Ріжуча кромка кожної пластини 13 суміщена з віссю шарніра 14 і служить віссю коливального руху пластини 13. Таким чином, коли пластина 13 коливається, ріжуча кромка пластини 13 залишається нерухомою. Кронштейни 15 прикріплені до кожної пластини 13 таким чином, що вони можуть переміщатися вздовж неї в поздовжньому напрямку. Пластини 13 з'єднані між собою стрижнями 16, причому верхня пластина 13 з'єднана з валом 6 стрижнем 8. Стрижні 16 нижньої пластини 13 з'єднані між собою та зі стрижнями 8 з можливістю обертання. Для цього на стрижнях 8 і 16 жорстко закріплені втулки 17 з проушинами. Стрижні 8 і 16 є складовими частинами, тобто кожен з них складається з двох частин, з'єднаних між собою різьбовою муфтою 18. Обертання муфти 18 здійснюється за рахунок зміни довжини стрижнів 8 і 16.

Наступним чином працює знаряддя.

Глибокородушувач під'єднаний до трактора, а редуктор 4 з'єднаний з валом відбору потужності трактора. Поздовжнє переміщення кронштейна 15

вздовж плити 13 змінює положення поворотного важеля вздовж плити 13 відносно осі повороту. Кронштейн 15 закріплений на пластині 13 для забезпечення заданої амплітуди коливань.

Залежно від типу ґрунту та його характеристик можна забезпечити однакову або різну амплітуду коливань для всіх пластин 13. Після встановлення кронштейна 15 на пластині 13 в потрібному положенні, регулюється кут нахилу стійки 9. Кут нахилу стійки 9 змінюється обертанням гайки 12 і переміщенням упору 11 у вушку 10. Довжину тяг 8 і 16 змінюють до тих пір, поки всі пластини 13 не будуть розташовані в горизонтальній площині. Потім обертають приводний вал 6, щоб встановити ексцентрик 7 в найнижче положення.

Опорне колесо 3 встановлюється в положення, що забезпечує необхідну глибину обробки, включається карданний вал і пластина 13 занурюється в ґрунт; при обертанні карданного валу вал і ексцентрик 7 приводяться в рух через редуктор 4. При цьому шток 8, прикріплений до ексцентрика 7, і з'єднана з ним тяга 16 рухаються вперед і назад. Цей рух передається через кронштейн 15 на пластину 13, яка здійснює маятниковий рух в стійці 9 на шарнірі 14. Вісь коливань суміщена з віссю шарніра 14 і ріжучою кромкою пластини 13.

Пластина 13, рухаючись по ґрунту, має форму трапеції з меншою нижньою стороною, зверненою до шарніра, коливаючи ґрунт шар за шаром із заданою для кожного шару амплітудою, забезпечуючи якісне розпушування і подрібнення ґрунту по всій зоні обробки.

Патент на винахід № 69159 (рис. 2.6) - ґрунтообробне знаряддя.

Інструмент складається з рами 1 з шарнірним пристроєм 2, дискового ножа 3 з подачею 14 з ріжучою кромкою 15, пазової фрези 4 і ролика 5, закріплених на рамі 1 за допомогою кронштейна 6. Довільного кінця 7 кронштейна 6 шарнірно прикріплена Г-подібна пруткова шарнірна опора 9. На опорі 9 закріплений очисник 10. На кінці штанги є п'ята 11 з отвором для

кріплення струбцини 12. Для фіксації опори при зберіганні інструментів на кінці 7 кронштейна 6 передбачений затискач 13.

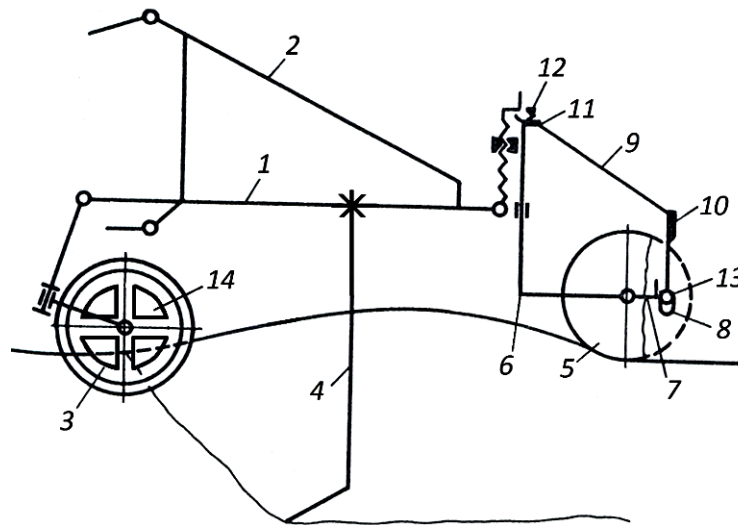


Рисунок 2.6 - Патент № 69159

Наступним чином працює знаряддя.

При переміщенні інструменту диск 3 і пазова фреза 4 прорізають канавки, а ролик 5 котиться по контуру канавок. Очищувач 10 видаляє ґрунт з поверхні котків.

У робочому положенні опора 9 піднімається вгору і закріплюється на кронштейні 6 за допомогою хомути 12. Після завершення роботи, для зберігання інструменту, затискач 12 знімається, опора повертається навколо шарніра 8 і фіксується затискачем 13.

Ріжуча кромка 15 фрези 14 на дисковому ножі 3 зрізає рослинні залишки, що створює чітку стінку борозенки і усуває виступи рослинних залишків на заготовку і кріпильні елементи.

Патент на винахід № 69159 (рис. 2.7) - ґрунтообробне знаряддя.

Корисна модель пояснюється графічно, де на фіг.1 зображено знаряддя для нарізання щілин. Інструмент складається з рами 1 з шарнірним пристроєм 2, дискового ножа 3, пазової фрези 4, закріпленої на рамі 1 за допомогою шарніра 15 і оснащеної механізмом регулювання кута атаки 14, та ролика 5, закріпленого на рамі 1 за допомогою кронштейна 6. Довільного кінця 7

кронштейна 6 на шарнірі 8 прикріплена Г-подібна пруткова шарнірна опора 9. На опорі 9 закріплений очисник 10. На кінці планки є п'ята 11 з отвором для кріплення струбцини12. Для фіксації опори при зберіганні інструментів на кінці 7 кронштейна 6 передбачений затискач 13.

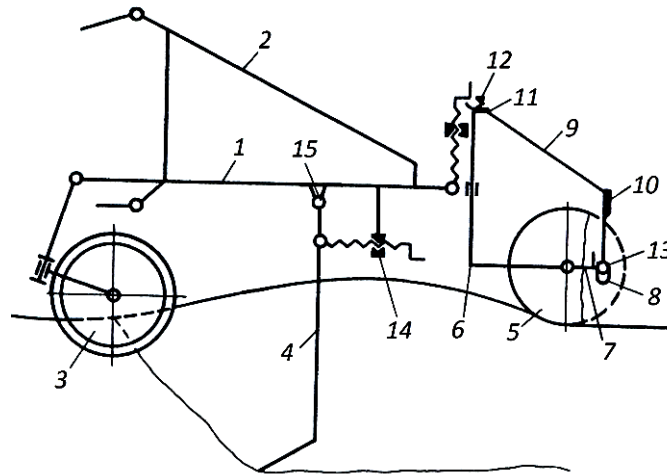


Рисунок 2.7 - Патент № 69174

Знаряддя працює наступним чином.

При переміщенні інструменту диск 3 і пазова фреза 4 прорізають паз, а ролик 5 котиться по контуру паза. На поверхні котка знаходиться очищувач 10. Очищувач 10 видаляє ґрунт з поверхні котка.

У робочому положенні опора 9 піднімається вгору і закріплюється на кронштейні 6 за допомогою хомути 12. Після закінчення роботи, для зберігання обладнання, затискач 12 знімається, опора повертається навколо шарніра 8 і фіксується затискачем 13.

Механізм регулювання 14 встановлює необхідний кут атаки траншеєкопача 4, що дозволяє використовувати траншеєкопач в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Патент на винахід № 69167 (рис. 2.8) - робочий орган культиватора.

Робочий орган культиватора складається з важеля 1, встановленого на верхньому кінці поворотної стійки 2 і гумового демпфера 3. До важеля 1 в нижній частині стійки симетрично закріплена лапа 4 з двома крилами 5 і 6.

Робочий орган культиватора працює наступним чином.

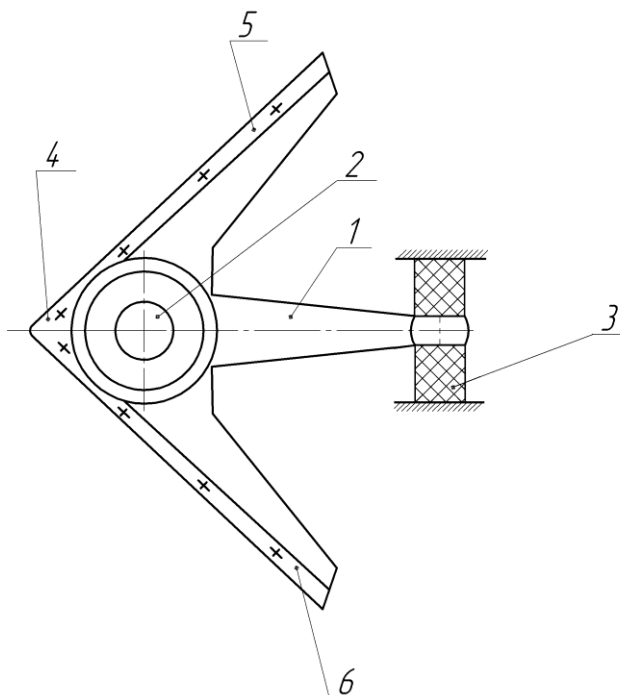


Рисунок 2.8 - Патент № 69167

Лапи приводяться в дію в положенні, близькому до проміжного. Якщо в проміжному положенні сили опору ґрунту на обох крилах приблизно рівні, то лапи 4 коливаються в проміжному положенні. Якщо одне крило відчуває значно більший опір ґрунту, ніж інше, через бур'яни, робочий орган обертається. Лапи продовжують обертатися до тих пір, поки крила не звільняться від рослинних залишків і опір не зменшиться. Потім робочий орган повертається у вихідне положення. Таким чином, крила граблин відхиляються від центрального положення, автоматично видаляючи рослинні рештки. Одночасно це зменшує тяговий опір культиватора і непродуктивні простой, пов'язані з необхідністю очищення робочих органів.

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

Висновки

Аналіз патентної 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 технічні характеристики ґрунтів значно відрізняються в різних кліматичних зонах.

За результатами дослідження існуючих технічних рішень було прийнято рішення про модернізацію конструкції культиватора КШУ-8, що забезпечує краще підрізання бур'янів та підвищення продуктивності, на основі винаходу № 76686.

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

3.1 Опис розробленої конструкції

Недоліком більшості конструкцій культиваторів є те, що не вирішена найбільш болюча проблема – окремі стрілочасті лапи знаходяться безпосередньо біля опорного колеса і не симетрично відносно останніх, що зменшує сталість ходу за глибиною і шириною захвату. Культиватор такої конструкції не можна використовувати у зчіпці, бо цьому заважають суміжні стрілочасті лапи.

В основу розробки конструкції культиватора покладені задачі:

- винесення стрілочастих лап з зони опорних коліс;
- зняття проблем агрегатування у зчіпці та додатковими крилами;
- підвищення сталості ходу за рахунок повної симетрії машини.
- підвищення сталості у поздовжній площині.

Для вирішення цієї задачі пропонується модульна схема культиватора (рис. 3.1). Культиватор складається з базової рами та двох крил – лівого та правого. Робочі органи – стрілочасті лапи на базовій рамі встановлені у три ряди за гвинтовою схемою у відповідності до розрахункової матриці (рис. 3.2...3.4).

Як показує виконаний аналіз конструкцій культиваторів та стрілочастих лап до них, невирішена проблема полягає саме у нераціональності загальної компоновки машини. Напрямок удосконалення бачиться у розробці оптимальної схеми компоновки з точки зору винесення стрілочастих лап з робочої зони опорних коліс і зменшенні кінематичної довжини агрегату. Робочі органи – стрілочасті лапи на базовій рамі встановлені у три ряди за гвинтовою схемою у відповідності до розрахункової матриці

$$N_1 = 1 - 4 - 8,$$

$$N_2 = 2 - 5 - 7,$$

$$N_3 = 0 - 3 - 6,$$

де N_1, N_2, N_3 – порядкові номери борозен по обидва боки центральної нульової, на яку встановлені стрілчасті лапи відповідно в першому, другому та третьому рядах.

Ліва або права стрілчаста лапа першого ряду встановлена з можливістю перестановки відповідно у третій ряд. Така конструкція відповідає другій розрахунковій матриці

$$\begin{aligned} N_1 &= 1 - 4, \\ N_2 &= 2 - 5 - 7, \\ N_3 &= 0 - 3 - 6 - 8 \end{aligned}$$

Така перестановка дозволяє агрегувати у зчипці культиватор, стрілчасті лапи якого розміщені за першою розрахунковою матрицею.

Базова рама може агрегуватись з двома крилами з дзеркальним розташуванням стрілчастих лап у відповідності до третьої розрахункової матриці

$$\begin{aligned} N_1 &= 1 - 4 - 8 - 10 - 13 - 17, \\ N_2 &= 2 - 5 - 7 - 11 - 14 - 16, \\ N_3 &= 0 - 3 - 6 - 9 - 12 - 15. \end{aligned}$$

Таким чином всі три комплектації агрегату будуть симетричними при максимальній відстані між суміжними стрілчастими лапами і відсутності стрілчастих лап у безпосередній близькості від опорних коліс.

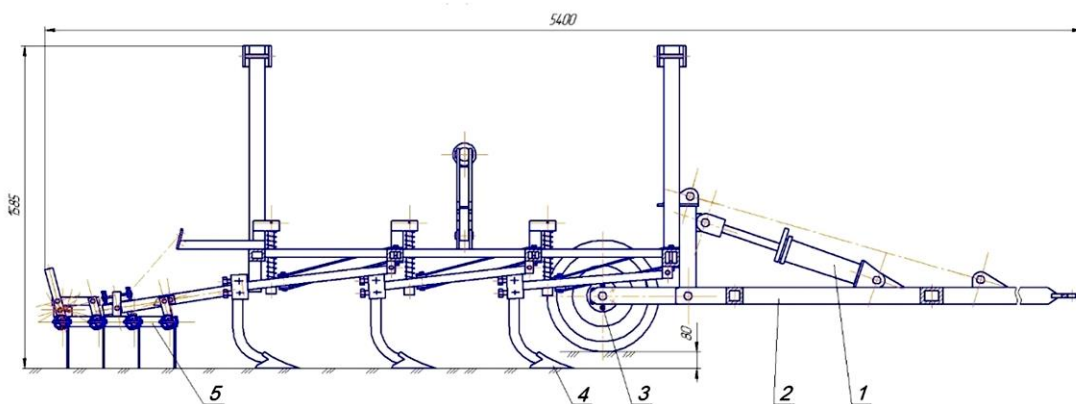


Рисунок 3.1 - Культиватор КШУ-8

1 – гідроциліндр; 2 – рама; 3 – опорне колесо; 4 – культиваторна лапа;
5 – борінка.

На рис. 3.2 зображена принципова схема рами, на рис. 3.3 рама, укомплектована для роботи у зчіпці, на рис. 3.4. крила культиватора.

де: ▲ – позначає наявність стрілкової лапи;

К – опорне колесо;

вільні клітини – відсутність конструктивних елементів;

нижня строчка – нумерація борозен відносно центральної, яка прийнята за нульову.

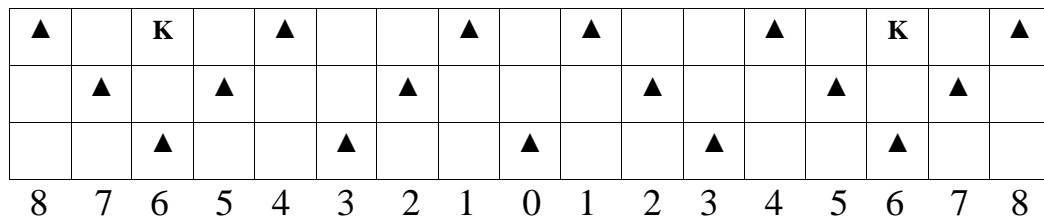


Рисунок 3.2 - Базова рама модульного культиватора

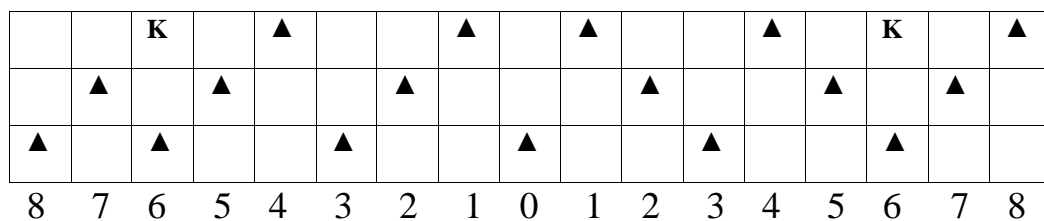


Рисунок 3.3 - Базова рама, укомплектована для роботи у зчіпці

Ліве крило

Праве крило

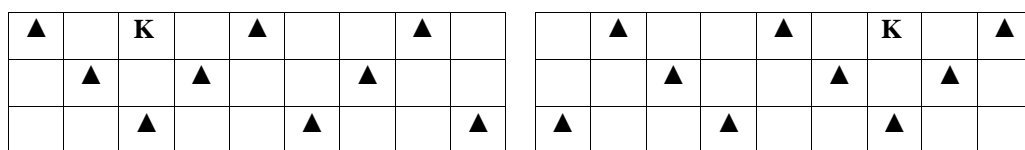


Рисунок 3.4 - Крила культиватора

3.2 Обґрунтування витрат енергії при суцільному обробітку ґрунту

Внесені конструктивні зміни позначились на сталості ходу у поздовжній і поперечній площині. Враховуючи, що опір на різання кореневої системи суттєво менший, вважаємо що режим різання з ковзанням зберігається.

Останнє дозволяє нам при розрахунку прогнозованого тягового опору використати методику А.М. Панченко.

Суть методики полягає в тому, що загальний тяговий опір ґрунтообробної сільськогосподарської машини дорівнює:

$$\sum W = W_{po} + W_{nep} + W_i, \quad (3.1)$$

де: W_{po} - тяговий опір від робочого органа машини, кН;

W_{nep} - тяговий опір пересуванню машини, кН;

W_i - тяговий опір руху машини на схил, кН.

Тяговий опір пересуванню машини дорівнює:

$$W_{nep} = G_{pm} \cdot f_{pux}, \quad (3.2)$$

де: G_{pm} - робоча маса машини, кН;

f_{pux} - коефіцієнт руху машини в заданих ґрунтових умовах.

Робоча маса машини становить 950 кг (9,5кН). Приймаємо $f_{pux} = 0,18$.

Тоді

$$W_{nep} = 9,5 \cdot 0,18 = 1,71 \text{ кН.}$$

Тяговий опір руху машини на схил дорівнює:

$$W_i = G_{pm} \cdot i = G_{pm} \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (3.3)$$

де: i - ухил місцевості;

α - кут ухилу місцевості. Приймаємо $\alpha = 12^\circ$.

$$W_i = 9,5 \cdot 0,2125 = 2,02 \text{ кН.}$$

Визначаємо тяговий опір стрілкової лапи. Він складається з:

- опору на зминання ґрунту;
- опору на розповсюдження ліній зколу від ріжучого леза;
- складових опору від сил тертя по поверхням робочого органа з

урахуванням режиму ковзання;

- опору на переміщення відокремленого шару ґрунту.

Приймаємо вихідні дані:

1.	Глибина розпушення, м	0,08
2.	Швидкість руху V_p , м/с	2,29
3.	Кути тертя, град.:	
	внутрішнього, φ_2	30
	зовнішнього, φ_1	22
4.	Об'ємна маса γ_2 , т/м ³	1,4
5.	Кількість ударів твердоміра, C_u	7
6.	Товщина ріжучої кромки δ_p , м	0,01
7.	Площадка затуплення $x=z$, м	0,002

Розраховуємо питомий тяговий опір різанню ґрунту.

$$\begin{aligned}
 W = & 1,8 \left(\frac{0,66 \cdot 0,08^2 \cdot \operatorname{ctg} 30^\circ}{\cos(35^\circ + 30^\circ)} + \left(35 + \frac{0,08}{2 \sin 35^\circ \cdot \operatorname{tg} 75^\circ} \right) \cdot 0,15 \right) + 4,9 \cdot \left(0,35 + \frac{0,08}{2 \sin 35^\circ \cdot \operatorname{tg} 75^\circ} \right) \cdot 0,08^2 \times \\
 & \times \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \cdot 1,4 \cdot (\sin 30^\circ + \cos(35^\circ - 30^\circ) \cdot \cos 35^\circ \cdot \operatorname{tg}(22^\circ + 0,25^2 \cdot (0,5 \cdot 1,8 \cdot (\operatorname{tg}(35^\circ + 30^\circ) + \operatorname{ctg} 35^\circ)) \times \\
 & \times \left(\frac{0,66 \operatorname{ctg} 30^\circ}{\cos(35^\circ + 30^\circ)} + 4,9 \cdot 0,01 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \cdot \sin 30^\circ \cdot 1,4 \right) \cdot \operatorname{tg} 22^\circ + 375 \cdot (0,002 + \operatorname{tg} 22^\circ \cdot 0,002) \times \\
 & \times \left(0,35 + \frac{0,25}{2 \sin 35^\circ \cdot \operatorname{tg} 75^\circ} \right) + 9,81 \cdot \left(0,35 + \frac{0,25}{2 \sin 35^\circ \cdot \operatorname{tg} 75^\circ} \right) \cdot 0,08 \cdot 1,4 \cdot \frac{\sin 35^\circ \cdot \cos 12^\circ}{\sin(35^\circ + 12^\circ)} \cdot 2,29^2 \times \\
 & \times \cos \left(\arctg \left(\frac{0,73 + \sin 22^\circ}{\cos 22^\circ} \right) - 22^\circ \right) = 10,51 \text{ кН/м}^2.
 \end{aligned}$$

При ширині захвату машини 8м та глибині розпушення 0,08м, загальний тяговий опір стрілочастих лап

$$W_{PO} = P_{p1} \cdot 8 \cdot 0,08 = 10,51 \cdot 8 \cdot 0,08 = 6,73 \text{ кН}$$

Загальний тяговий опір агрегату

$$\Sigma W = 1,71 + 2,02 + 6,73 = 10,46 \text{ кН}$$

3.3 Обґрунтування передбаченої якості розпушення ґрунту культиваторними лапами

Розрахунки виконана по методиці А.М. Панченко. Початковий приведений розмір структурованих агрегатів визначається

$$D_{к50н} = \frac{\sqrt[3]{a \cdot b \cdot K_L}}{i_0}, \quad (3.4)$$

де $a = 0,08\text{м}$ – глибина розпушення;

$b = 0,27\text{м}$ – ширина захвату стрілкової лапи;

$K_L = 1,0$ – коефіцієнт довжини лінії сколювання у поздовжньому напрямку;

$i_0 = 1$ – початкова ступінь розпушення (за умови, що попереднього розпушення не було).

$$D_{к50н} = \frac{\sqrt[3]{0,08 \cdot 0,27 \cdot 1}}{1} = 0,14 \text{ м}$$

Модуль пружності ґрунту приймаємо:

$$E_v = 24 \cdot 10^3 \text{ кН/м}^2$$

Розрахункова формула для визначення ступеня розпушення

$$i = \frac{2 \cdot K_p \cdot E}{G^2} + 1, \quad (3.5)$$

де $K_p = 10,51$ – питомий коефіцієнт різання ґрунту;

G – внутрішня напруга у ґрунті. У відповідності до [24] для чорнозему, характерного для умов степу України $G = 815 \text{ кН/м}^2$.

$$i = \frac{2 \cdot 10,51 \cdot 240000}{815^2} + 1 = 8,6$$

Середній приведений діаметр структурованих агрегатів

$$D_{пр} = D_{к50н}/i = 0,14/8,6 = 0,016 \text{ м} = 16 \text{ мм}$$

Об'єм ґрунтового агрегату

$$V_{\text{ПР}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 1,6^3 = 17 \text{ см}^3$$

3.4. Розрахунок параметрів пружної борінки

За основу при проектуванні прийнято секцію начіпної пружної борони фірми FLEXI-COIL (рис. 3.5).

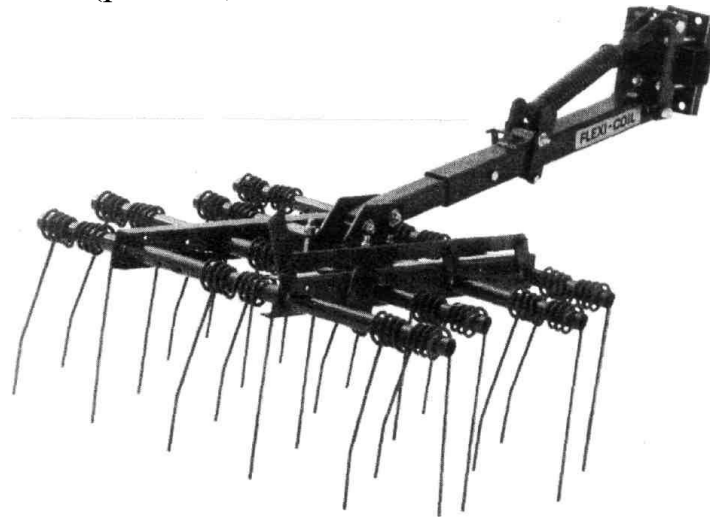


Рисунок 3.5 - Секція начіпної пружної борони фірми FLEXI-COIL (прототип)

Особливість конструкції полягає в тому, що до рами культиватора секція приєднується однією поздовжньою тягою. Це вигідне з кількох точок зору. По-перше, така конструкція компактна і укомплектований нею агрегат має зменшену кінематичну довжину. По-друге, секцію такої конструкції легше переводити у транспортне положення. Виходячи з попередніх передумов розрахункова схема (рис. 3.6) буде мати вигляд:

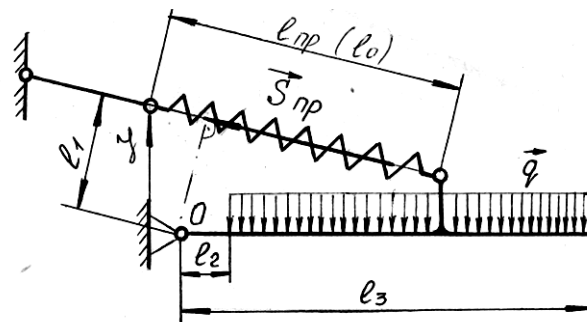


Рисунок 3.7 - Розрахункова схема до проектного розрахунку секції борони

Вихідні дані до розрахунку:

№	Параметр	Позначення	Абсолютна величина
1	Діаметр зуба, мм	d_3	8
2	Кількість зубів секції, шт.	n	24
3	Глибина борозни, мм	a	50
4	Зовнішній діаметр витка, мм	D	36
5	Діаметр проволочи, мм	d	5
6	Кількість робочих витків	h	27
7	Довжина пружини, мм:		
	- у вільному стані	L_0	300
	- в робочому стані	$L_{\text{ПР}}$	163
8	Конструктивні параметри секції, мм	L_1	120
		L_2	160
		L_3	955

Тяговий опір одного зуба визначаємо за рекомендацією проф. А.М. Панченко [22] як, питомий опір ґрунту помножений на площу поперечного перетину борозни

$$P_1 = C \cdot d_3 \cdot a \quad (3.6)$$

де $C = 5 \text{ Н/см}^2$ – усереднене значення питомого опору для умов степу України;

$d_3 = 8 \text{ мм}$ – діаметр зуба (прийнято конструктивно);

$a = 50 \text{ мм}$ – глибина занурення зуба у ґрунт.

$$P_1 = 5 \cdot 0,8 \cdot 5 = 20 \text{ Н,}$$

Секція має 24 зуба, що відповідає тяговому опору секції

$$P = P_1 \cdot 24 = 20 \cdot 24 = 480 \text{ Н.}$$

Пружні зуби у відповідності до агротехнічних вимог повинні мати можливість бути встановленими під від'ємним кутом до напрямку руху до 15 градусів. З урахуванням прогину, приймаємо кут атаки 20 градусів. В такому разі, виникає вертикальна складова сили тяги, яка направлена на виглиблення секції. Для її гасіння в конструкції передбачено встановлення компенсаційної пружини. Виглиблююча сила становитиме:

$$P_B = P \cdot \operatorname{tg} 20^\circ \quad (3.7)$$

$$P_B = 480 \cdot 0,364 = 174,7 \text{ Н}$$

Тоді, у відповідності до розрахункової схеми на секцію буде діяти розосереджена сила

$$q = \frac{P_B}{l_3 - l_2} \quad (3.8)$$

$$q = \frac{174,7}{955 - 160} = 0,22 \text{ Н/мм} = 2,2 \text{ Н/см}$$

Необхідне робоче зусилля стискання пружини буде

$$S_{\text{ПР}} = \frac{q \cdot (l_3 - l_2) \cdot (l_2 + 0,5(l_3 - l_2))}{l_1} \quad (3.9)$$

$$S_{\text{ПР}} = \frac{0,22 \cdot (955 - 160) \cdot (160 + 0,5(955 - 160))}{120} = 812,6 \text{ Н}$$

Максимально можлива деформація пружини по конструктивним вимогам

$$\Delta = l_0 - l_{\text{ПР}} \quad (3.10)$$

$$\Delta = 300 - 163 = 137 \text{ мм}$$

Зусилля, що розвивається пружиною при максимально можливій деформації

$$P_{\text{ПР}} = \Delta \cdot 10000 \cdot \frac{d^4}{(D-d)^3 \cdot h} \quad (3.11)$$

$$P_{\text{ПР}} = \frac{137 \cdot 10000 \cdot 5^4}{(36-5)^3 \cdot 27} = 1060\text{Н}$$

Таким чином $P_{\text{ПР}} > S_{\text{ПР}}$, тобто проведеними розрахунками доведено, що зусилля, яке може розвинути пружина на 23% перевищує потрібне зусилля. Таким чином, працездатність конструкції буде забезпечена.

3.5 Оцінка якості розпушення пружним елементом

Використовуючи методика розроблену в ДДАЕУ ступінь подрібнення визначиться за формулою

$$i = \frac{1}{i_0} \cdot \left[\frac{2 \cdot K_1 \cdot E}{G^2} + 1 \right], \quad (3.12)$$

де i_0 – початкова ступінь подрібнення ґрунту;

K_1 – питомий коефіцієнт опору, який являє собою відношення опору ґрунту до площі перетину знаряддя.

Виходячи з попередніх розрахунків для найбільш напруженого режиму

$$K_1 = \frac{P_{01}}{b \cdot a}; \quad (3.13)$$

$$K_1 = \frac{0,009}{0,02 \cdot 0,006} = 75,0 \text{кН/м}^2,$$

$E = 37,5 \cdot 10^3$ кН/м² – модуль пружності ґрунту при регламентованому

значенні питомого зчеплення часток 1,5 кН/м².

$G = 638 \text{ кН/м}^2$ – внутрішня напруга структурованих агрегатів (прийнято у відповідності до [23]).

Тоді, виходячи з умови що попереднього розпушення не було, ступінь подрібнення буде

$$i = \left[\frac{2 \cdot 75 \cdot 37500}{638 \cdot 638} + 1 \right] = 13,8$$

Оцінимо розміри агрегатів, що утворюються. Приведений початковий діаметр часток сколювання

$$D = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot l}, \quad (3.14)$$

де $l = 1$ – коефіцієнт довжини лінії сколювання.

$$D = \sqrt[3]{0,02 \cdot 0,006 \cdot 1} = 0,05 \text{ м.}$$

Таким чином, на поверхні ґрунту будуть утворюватись частки приведеним діаметром

$$d = \frac{0,05}{13,8} = 0,0036 \text{ м} = 3,6 \text{ мм.}$$

а відстань між слідами пружних елементів повинна бути більше ніж 3,6 мм.

3.6 Обґрунтування продуктивності технологічного процесу

Для того, щоб забезпечити нормальне протікання процесу обробки ґрунту, забезпечити виконання якості технологічного процесу, забезпечити повне завантаження агрегату, у процесі роботи забезпечити технологічні регулювання й усунути неполадки необхідно чітко забезпечити всю організацію ходу виконання технологічного процесу.

Особливість запропонованого культиватора полягає в тому, що при його створенні прийнято за основу модульна комплектація агрегату. Аналогів, як закордонних, так і вітчизняних машин не існує.

Основні кінематичні розрахунки і розрахунок прогнозованої продуктивності агрегату виконуємо за методикою О.В. Макарова [14].

Вихідні дані (підрозділ 3.2.):

- площа поля, 300 га
- довжина гону, 1000 м
- глибина обробітку, до 0,08 м
- робоча швидкість, 2,29 м/с
- ширина захвату, 8 м
- радіус повороту, 3,5 м

Мінімальна ширина поворотної смуги може бути обчислена за формулою:

$$E = e + 2 \cdot R + \Delta n, \quad (3.15)$$

де R , м;

E , м;

e , м;

Δn , м;

Визначаємо параметри поворотної смуги для розробленого агрегату.

Відповідно до загального виду машини $e = 3,2$ м. Тоді

$$E = 3,2 + 2 \cdot 3,5 + \Delta n = 10,2 + \Delta n$$

При ширині захвату 8 м кількість проходів агрегату $10,2 : 8 = 1,28$.

Приймаємо $n = 2$. Тоді ширина поворотної смуги

$$E = 2 \cdot 8 = 16 \text{ м}$$

$$\Delta n = 0$$

Довжина робочого ходу

$$L = L_d - 2 \cdot E, \quad (3.16)$$

де $L_d = 1000$ м

$$L = 1000 - 2 \cdot 16 = 968 \text{ м}$$

У розбитті поля на загони потреби немає. Спосіб руху агрегату – човниковий. Очікувана продуктивність спроектованого агрегату

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (3.17)$$

де B_p – робоча ширина захвату. У зв'язку з тим, що необхідно забезпечити перекриття за шириною захвата агрегату, при конструктивній ширині захвату $B_k = 8$ м приймаємо $B_p = 7,8$ м;

V_p , км/год.;

τ – коефіцієнт

Коефіцієнт використання робочого часу зміни визначається за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{зм}}}, \quad (3.18)$$

де T_p , год.;

$T_{\text{зм}}$, год.

У зв'язку з проведенням удосконаленням, агрегат може працювати на більшій швидкості, у зв'язку із збільшенням стійкості робочих органів.

Отже визначимо витрати часу на виконання технологічного процесу

$T_x = 0,12$ год.;

$T_{\text{нз}} = 0,05$ год.;

$T_{\text{ГО}} = 0,20$ год.;

$T_{\text{ТУ}} = 0,05$ год.;

$T_{\text{зм}} = 0,05$ год.;

$T_{\text{ВДП}} = 0,20$ год.;

З урахуванням цього чистий робочий час зміни:

$$T_p = 7 - 0,12 - 0,05 - 0,20 - 0,05 - 0,05 - 0,20 = 6,43 \text{ год.} \quad (3.19)$$

Коефіцієнт використання робочого часу зміни:

$$\tau = 6,43 / 7 = 0,92 \quad (3.20)$$

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 7,8 \cdot 8,24 \cdot 0,92 = 5,91 \text{ га/год}, \quad (3.21)$$

де $V_P = 2,29 \text{ м/с} = 8,24 \text{ км/год}$

Продуктивність за зміну:

$$W_{\text{зм}} = 5,91 \cdot 7 = 41,37 \text{ га/зм} \quad (3.22)$$

Витрати паливно-мастильних матеріалів.

$$q = \frac{Q_P \cdot T_P + Q_X \cdot T_X + Q_O \cdot T_O}{0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot T_P}, \quad (3.23)$$

У відповідності до попередніх розрахунків:

$T_P = 6,43 \text{ год}$ – для серійного агрегату

$T_X = 0,12 \text{ год}$

$T_O = 7 - 6,43 - 0,12 = 0,45 \text{ год}$

У результаті розрахунків отримано, що прогнозовані витрати пального повинні складати 6,1 кг/га.

Висновки

В даному розділі нами приведена конструкція культиватора КШУ-8 виконаного за модульною схемою що дозволить: забезпечити винесення стрілочастих лап з зони впливу опорних коліс, усунення проблем агрегування у зчіпці та з додатковими крилами, забезпечити сталість ходу за рахунок повної симетрії машини, підвищення сталості у поздовжній площині.

Запропонована схема культиватора завдяки оптимальному алгоритму розташування стрілочастих лап дозволила зробити всі гряділі однаковими, що підвищує ступінь уніфікації конструкції машини. Одночасно з цим, виконання гряділів конструктивно однаковими підвищує сталість ходу лап по

глибині та за шириною захвату. За результатами розрахунків отримано значення ступеня розпушення 8,6, що для ґрунтів, типових для степу України, відповідає середньому приведеному діаметру ґрунтових агрегатів 16 мм. Відстань між слідами пружних елементів повинна бути більше ніж 3,6 мм.

Аналіз умов експлуатації спроектованої машини, основні її показники близькі до існуючих агрегатів подібного класу і призначення. Проведена модернізація привела до підвищення продуктивності агрегату з одночасним зменшенням витрат пального на обробку одного гектара на 4 % у порівнянні з серійним культиватором. Останнє є наслідком оптимізації конструктивних параметрів знаряддя безпосередньо під ґрунтово-кліматичні умови степу України.

Розрахунками встановлено: робоча швидкість повинна становити 2,29 м/с, що відповідає I передачі; при цьому коефіцієнт використання тягового зусилля складає 0,82.

Розраховані основні експлуатаційні показники роботи: коефіцієнт використання робочого часу зміни 0,92; продуктивність 5,91 га/год.; прогнозовані витрати пального повинні становити 6,1 кг/га.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Відомо, що поліпшення умов праці і підвищення її безпеки безпосередньо впливають на зниження виробничого травматизму, професійних захворювань, збереження здоров'я працюючих з одночасним зниженням витрат на оплату пільг і компенсацій за роботу у несприятливих умовах, на оплату наслідків такої роботи (тимчасова і постійна непрацездатність), на перепідготовку працюючих у зв'язку з плінністю кадрів через незадовільність умови праці. Крім цього несприятливі умови праці в свою чергу призводять до негативних соціальних наслідків, що погано відбивається на загальному стані здоров'я працівників, трудовій дисципліні, престижі сільськогосподарської професії, тощо.

При механізованих роботах виникають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори, як: шум, вібрація, обертаючі механізми, забезпечення безпечної праці в робочій зоні, та інші.

Під організаційними виробничими факторами, ми маємо на увазі організацію режиму робочого дня, забезпечення працюючих спецодягом, якісним харчуванням, та відпочинком; проведення інструктажів по охороні праці, щоб попередити від різних небезпек виникаючих в процесі роботи.

Шум та вібрація при роботі можуть з'явитися лише в тому випадку, коли трактор та машина знаходиться в неполадженому стані.

Обертаючі механізми представлені у вигляді ланцюгових, пасових, карданних передач, стрічкового транспортеру та кривошипного механізму.

Під робочою зоною тракториста ми маємо на увазі кабінку трактора, та культиватор. Тут можуть відбуватися такі потенційні небезпеки як: підвищення температури робочої зони, зниження освітлення, запилення, та інші.

При роботі і обслуговуванні слід дотримуватись слідує вимог:

1) до обслуговування агрегату допускаються робітники, що володіють необхідними знаннями та навичками по керуванню машиною та її

обслуговуванню, маючі необхідний документ, які пройшли інструктаж по техніці безпеки;

2) агрегат повинен бути цілком укомплектований і мати необхідний інструмент та устаткування;

3) перед початком роботи упевнитися в повній робото придатності машини. Перевірити наявність та надійність закріплення захисних щитків та кожухів;

4) перед включенням вала відбору потужності або важеля коробки передач, обов'язково подати звуковий сигнал;

5) під час роботи на холостому ході забороняється торкатися до обертаючих механізмів та передач (карданної, зубчатих, ланцюгових, пасових) з метою полагодження поломки, змащування або очистки їх;

б) усі види ремонту, регулювання та ТО проводити при непрацюючому двигуні, обов'язково у рукавицях за допомогою спеціальних пристроїв.

Контроль елементів безпеки праці трактора та культиватора

Мета контролю – оцінка технічного стану мобільних робочих місць по показникам безпеки і якості праці осіб.

Даний вид контролю не означає введення додаткового виду контролю або діагностування. Це контрольне діагностування, яке знаходить допущення мобільної техніки по показникам безпеки до подальшої експлуатації.

Контроль може проводитися звичайним експрес методом (прискореним) з використанням оснастки ТО-1 по обмеженій кількості параметрів, в основному механізмів і систем мобільних робочих місць, відкази яких можуть визвати аварійну ситуацію. При прискореному контролі перевіряють комплектність, працездатність та ефективність таких систем: технічна; технічні зв'язки; ходова; рульова; гальмова; енергетична; операторська оснастка; захисту.

Експрес-контроль по складу операцій близький до контрольного діагностування при ТО-1, але не вимагає виявлення конкретних недоліків.

Основні вимоги з охорони праці при роботі культиватора КШУ-8 можна сформулювати так:

Забезпечення безпечних умов експлуатації: перевірка та забезпечення належного технічного стану культиватора перед початком роботи.

Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): носіння захисного спецодягу, взуття, рукавиць, окулярів тощо.

Належне навчання персоналу: забезпечення кваліфікованого навчання та інструктажу з безпеки роботи з культиватором.

Виконання правил безпеки під час роботи: уникання роботи поблизу від обертових частин агрегату, уважне спостереження за навколишнім середовищем, уникання непередбачених ситуацій.

Регулярна перевірка та обслуговування обладнання: проведення планових технічних обстежень і обслуговування для попередження випадків відмов та аварій.

Вживання заходів у разі виникнення небезпечних ситуацій: негайне припинення роботи та повідомлення відповідних осіб про випадок.

Дотримання правил безпеки при транспортуванні та зберіганні культиватора: використання засобів кріплення для транспортування та забезпечення правильного зберігання обладнання.

Попередження ризику травматизму: встановлення чітких правил безпеки та дотримання їх усіма працівниками, включаючи визначення зон безпеки навколо культиватора під час його роботи.

Контроль за впливом шкідливих чинників: застосування заходів для зменшення впливу вібрації, шуму та інших шкідливих факторів на здоров'я працівників.

Запобігання пожежам та іншим аварійним ситуаціям: дотримання правил експлуатації, запобігання перегріванню агрегату, ретельна перевірка електрообладнання та запобігання займанню під час роботи.

Обов'язкове перевірка наявності екстрених засобів та засобів пожежогасіння на робочому місці: розміщення відповідних засобів поруч з робочим місцем для оперативної реакції у випадку аварійних ситуацій.

Належне заземлення та ізоляція обладнання: перевірка належності заземлення та ізоляції електричних деталей для запобігання ураження електричним струмом.

Правильне використання робочих інструментів: навчання працівників правильному використанню різних типів інструментів та запобігання травматичних ситуацій.

Організація безпечного доступу: встановлення заходів безпеки для запобігання несанкціонованому доступу осіб до робочого місця та обладнання.

Строге дотримання інструкцій виробника: ознайомлення з інструкціями з експлуатації культиватора та їх активне виконання.

Регулярні медичні огляди працівників: забезпечення проходження регулярних медичних оглядів для вчасного виявлення можливих проблем зі здоров'ям, пов'язаних з роботою з культиватором.

Ці вимоги спрямовані на запобігання травматичних ситуацій та забезпечення безпеки працівників під час роботи з культиватором КШУ-8.

Висновки

Як показує аналіз умов експлуатації культиватора, проведена модернізація не погіршила умов праці тракториста і додаткових заходів з охорони праці проводити не треба.

Забезпечення дотримання вимог охорони праці законодавством: регулярне оновлення та впровадження вимог нових стандартів та нормативів з охорони праці.

5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			серійна	модернізована
1	Річний обсяг <u>роботи</u>	га	300	300
2	Продуктивність	га/год	5,70	5,90
3	Витрати ПММ	кг/га	6,8	6,1
4	<u>Вартість:</u> трактора	грн.	1100000	1100000
	культиватора		110000	112000
	Всього		1210000	1212000
5	Кількість обслуговую- чого <u>персонала</u>		1	1

Визначення кількості нормогодин:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{5,75} = 52,17 \text{ год.} & & K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{300}{5,91} = 50,76 \text{ год.}
 \end{array}$$

(5.1)

ВП:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Б} & & \text{П} \\
 V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 52,17 \cdot 1 = 52,17 \text{ год.} & & V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 50,76 \cdot 1 = 50,76 \text{ год.}
 \end{array}$$

(5.2)

де: n = 1 осіб

ЕВ

Основна і додаткова ЗП з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K, \quad (5.3)$$

де: C_T – тарифна ставка, грн/год;

$$K_1 = 1,2 \text{ (20\%);}$$

$$K_2 = 1,375 \text{ – коеф.};$$

Б

$$\Pi = 60/5,70 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 17,36$$

П

$$\Pi = 16,77$$

АВ

Для трактора – 25%, для культиватора – 15%.

Б

$$\text{Тр: } A_{\text{ТР}} = 1100000 \cdot 25/300 \cdot 1550 \cdot 5,70 = 10,37 \text{ грн/га}$$

П

$$A_{\text{ТР}} = 10,02 \text{ грн/га}$$

$$\text{Культ.: } A_{\text{М}} = 110000 \cdot 15/300 \cdot 500 \cdot 5,70 = 1,93 \text{ грн/га}$$

$$A_{\text{М}} = 1,89 \text{ грн/га}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma} = 10,37 + 1,93 = 12,3 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 10,02 + 1,89 = 11,91 \text{ грн/га}$$

В ПММ

Б

$$V_{\text{ПММ}} = Ц_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 6,8 = 408 \text{ грн./га}$$

П

$$V_{\text{ПММ}} = Ц_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 60 \cdot 6,1 = 366 \text{ грн./га}$$

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

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

де: B_B , грн;

K – коеф.

Тр.:

$$\text{Б: } B_{\text{ТР}} = 1100000 \cdot 19,2/300 \cdot 52,17 \cdot 5,70 = 234,36 \text{ грн./га}$$

$$\text{П: } V_{\text{TP}} = 1100000 \cdot 19,2/300 \cdot 52,17 \cdot 5,90 = 235,07 \text{ грн./га}$$

Кр.:

$$\text{Б: } V_{\text{M}} = 110000 \cdot 8,2/300 \cdot 52,17 \cdot 5,70 = 10 \text{ грн./га}$$

$$\text{П } V_{\text{M}} = 112000 \cdot 8,2/300 \cdot 50,76 \cdot 5,90 = 10,22 \text{ грн./га}$$

Всього по агрегатам:

$$V = V_{\text{TP}} + V_{\text{M}} = 234,36 + 10 = 244,36 \text{ грн./га}$$

$$V = V_{\text{TP}} + V_{\text{M}} = 235,07 + 10,22 = 245,29 \text{ грн./га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Б

$$E_{\text{B}} = 17,36 + 12,3 + 408 + 244,36 = 682,02 \text{ грн./га}$$

П

$$E_{\text{B}} = 16,77 + 11,91 + 366 + 245,29 = 639,97 \text{ грн./га}$$

ЕВ:

Б

П

$$E_{\Sigma} = E_{\text{B}} \cdot W_{\text{CEZ}} = 682,02 \cdot 300 = 204606 \text{ грн.}$$

$$E_{\Sigma} = 639,97 \cdot 300 = 191991 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Б

П

$$\text{Тр.: } K_{\text{B}} = \frac{B_{\text{B}}}{W_{\text{CEZ}}} = \frac{1100000}{300} = 3666,67 \text{ грн./га} \quad K_{\text{B}} = \frac{1100000}{300} = 3666,67 \text{ грн./га}$$

$$\text{Кр.: } K_{\text{B}} = \frac{110000}{300} = 366,67 \text{ грн./га} \quad K_{\text{B}} = \frac{112000}{300} = 373,33 \text{ грн./га}$$

Σ:

Б

П

$$K_{\text{B}} = 3666,67 + 366,67 = 4033,34 \text{ грн./га} \quad K_{\text{B}} = 3666,67 + 373,33 = 4040 \text{ грн./га}$$

ПВ на 1га:

$$П_{\text{B}} = E_{\text{B}} + 0,15 \cdot K_{\text{B}}$$

Б

$$П_{\text{B}} = 682,02 + 0,15 \cdot 4033,34 = 1287,02 \text{ грн./га}$$

П

$$П_{\text{B}} = 639,97 + 0,15 \cdot 4040 = 1245,97 \text{ грн./га}$$

ПВ на весь обсяг робіт:

Б

$$П_{ВБ} = П_{В} \cdot W_{СЕЗ} = 1287,02 \cdot 300 = 386106 \text{ грн.}$$

П

$$П_{ВП} = П_{В} \cdot W_{СЕЗ} = 1245,97 \cdot 300 = 373791 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 386106 - 373791 = 12315 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних витрат

$$N = (112000 - 110000) / 12315 = 0,16$$

Таблиця 5.2

ЕЕП

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		базовий	проект
1	Вид роботи	обробіток парів	
2	Об'єм роботи, га	300	300
3	Склад агрегата: трактор культиватор	Т-150К КШУ-8	Т-150К КШУ-8М
4	Продуктивність, га/год	5,70	5,90
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	52,17	50,76
6	Кількість обслуговуючого персоналу - трактористів-машиністів - допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.-год/га	52,17	50,76
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	60	60
10	Норма витрати пального, кг/га	6,8	6,1
11	Балансова вартість, грн: трактора машини	1100000 110000	1100000 112000
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	60	60
13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: а. основна і додаткова заробітна плата б. амортизаційні відрахування в. витрати на ПММ г. витрати на ТО, ТР, зберігання	682,02 17,36 12,3 408 244,7	639,97 16,77 11,91 366 244,87
14	Капітальні вкладення, грн/га	4033,34	4040
15	Приведені затрати, грн/га На весь обсяг роботи, грн	1287,02 386106	1245,97 373791
16	Річний економічний ефект, грн		12315
17	Строк окупності, років		0,16

Висновки

Розрахунок техніко-економічних показників, показав, що удосконалений культиватор дозволяє знизити експлуатаційні витрати по зрівнянню з базовим, при цьому річний економічний ефект його застосування складе 12315 грн., а термін окупності 0,16 роки. Дані розрахунки підтверджують правильність обраного варіанту удосконалення.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Приведена коротка характеристика господарства та обґрунтована тема дипломного проекту.

2. За результатами проведеного огляду існуючих технічних рішень нами прийнято рішення розробити конструкцію парового культиватора КШУ-8, що забезпечить більш якісне підрізання бур'янів і підвищення якісних показників роботи, взявши за основу винахід № 76686.

3. Приведена конструкція парового культиватора, виконаного за модульною схемою що дозволить: забезпечити винесення стрілчастих лап з зони впливу опорних коліс, усунення проблем агрегування у зчипці та з додатковими крилами, забезпечити сталість ходу за рахунок повної симетрії машини, підвищення сталості у поздовжній площині.

4. Запропонована схема культиватора завдяки оптимальному алгоритму розташування стрілчастих лап дозволила зробити всі гряділі однаковими, що підвищує ступінь уніфікації конструкції машини. Одночасно з цим, виконання гряділів конструктивно однаковими підвищує сталість ходу лап по глибині та за шириною захвату. За результатами розрахунків отримано значення ступеня розпушення 8,6, що для ґрунтів, типових для степу України, відповідає середньому приведеному діаметру ґрунтових агрегатів 16 мм. Відстань між слідами пружних елементів повинна бути більше ніж 3,6 мм. Аналіз умов експлуатації спроектованої машини, основні її показники близькі до існуючих агрегатів подібного класу і призначення. Проведена модернізація привела до підвищення продуктивності агрегату з одночасним зменшенням витрат пального на обробку одного гектара на 4 % у порівнянні з серійним культиватором. Останнє є наслідком оптимізації конструктивних параметрів зняряддя безпосередньо під ґрунтово-кліматичні умови степу України.

5. Розрахунками встановлено: робоча швидкість повинна становити 2,29 м/с, що відповідає I передачі; при цьому коефіцієнт використання тягового зусилля складає 0,82. Розраховані основні експлуатаційні показники роботи: коефіцієнт використання робочого часу зміни 0,92; продуктивність 5,91 га/год.; прогнозовані витрати пального повинні становити 6,1 кг/га.

6. Розрахунок техніко-економічних показників, показав, що удосконалений культиватор дозволяє знизити експлуатаційні витрати по зрівнянню з базовим, при цьому річний економічний ефект його застосування складе 12315 грн., а термін окупності 0,16 роки. Дані розрахунки підтверджують правильність обраного варіанту удосконалення.

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 настройки 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 индустриальных технологий производства сахарной свеклы и кукурузы / И. Н. Серебряков, Ю. И. Ковтун, Н. В. Татьяна 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. Справочник по механизации кормопроизводства / Л. И. Грачева, А. В. Грачев, А. П. Вербицкий; Под ред. Л. И. Грачевой. – К.: Урожай, 1989. – 168 с.

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

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

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

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

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

21. Шикун Н. К. Почвозащитная система земледелия. – Харьков: Прапор, 1987. – 240 с.

22. Ярмашев Ю. М. та ін. Довідник комбайнера. – К.: Урожай, 1989. – 176 с.

23. Погорілець О. М., Живолуп Г. І. Зернозбиральні комбайни. – К.: Урожай, 1994. – 232 с.
24. Ромащенко М. І., Доценко В. І., Онопрієнко Д. М. Системи краплинного зрошення. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ, 2007. – 175 с.
25. 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.
26. Панченко А. Н. Теория и расчет сельскохозяйственных машин. Лабораторный практикум. Днепропетровск: ДГАУ, 2002. – 396 с.
27. Погорелый Л. В., Татьянко А. В., Брей В. В. Свеклоуборочные машины: конструирование и расчет. – К.: Техника, 1989. – 168 с.
28. 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.
29. 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.
30. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин: Довід. / Г.Р. Гаврилюк, Г.І. Живолуп, П.С. Короткевич та ін.. – К.: Урожай, 1988. – 256с.
31. 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.
32. 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.

ДОДАТКИ