ДНІПРОВСЬКИЙДЕРЖАВНИЙАГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙУНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

освітнього ступеня «Бакалавр» на тему:

Удосконалення механізації міжрядного обробітку ґрунту з модернізацією культиватора КРН-5,6

Виконав: студент 3 курсу, групи АІС-2-23 за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

___Литвиненко Петро Петрович _____

Керівник: _Кобець Олександр Миколайович____

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ТСГМ
(назва кафедри)
доцент
(вчене звання)
Теслюк Г В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
«____» _____2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ
Литвиненко Петру Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації міжрядного обробітку грунту з модернізацією культиватора КРН-5,6
керівник роботи Кобець Олександр Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
« 5 » травня 2026 року № 912 .

2. Строк подання студентом роботи 10.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання та існуючих засобів механізації поверхневого обробітку грунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел та останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз стану механізації поверхневого обробітку грунту. 2. Аналіз сучасних культиваторів для міжрядного обробітку грунту. 3. Обгрунтування параметрів та розробка робочого органу культиватора. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка впровадження вдосконаленого культиватора. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Патентний огляд. 2. Загальний вид вдосконаленого культиватора. 3. Складальне креслення лапи. 4. Деталювання. 5. Економічні показники .

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
нормоконтроль	Лепеть Є.І., асистент		

7. Дата видачі завдання: 5.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	5.05-10.05.26 р	
2	Технологічний	11.05-16.05.26 р	
3	Конструктивний	17.05-21.05.26 р	
4	Охорона праці	22.05-25.05.26 р	
5	Економічний	26.05-30.05.26 р	
6	Графічна частина	1.06-8.06.26 р	

Студент _____ Литвиненко П.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кобець О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
А4		1	52ДП.125.000000.ПЗ	Пояснювальна записка		
				Графічні матеріали:		
		2	52ДП.125.000002	Огляд існуючих конструкцій		
		3	52ДП.125.000003	Загальний вигляд машини		
		4	52ДП.125.000004	Складальне креслення вузла		
		5	52ДП.125.000005	Деталювання		
		6	52ДП.125.000006	Економічні показники		
		7	52ДП.125.000007	Висновки		

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	52ДП. 125. 000000. ПЗ		
Розробив		Литвиненко П.П			Відомість дипломного проекту	Літ.	Лист / Листів
Перевірив		Кобець О.М.					
Консультант						ДДАЕУ	
Н. контр.		Лепеть Є.І					
Затвердив		Теслюк Г.В					

АНОТАЦІЯ

Литвиненко П.П. Удосконалення механізації міжрядного обробітку ґрунту з модернізацією культиватора КРН-5,6/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Структура випускної кваліфікаційної роботи представлена розрахунково-пояснювальною запискою. До її складу входять текстова частина з детальним викладом матеріалу, аналітичні таблиці, графічний та ілюстративний матеріал у вигляді рисунків, а також вичерпний перелік використаних літературних джерел.

Розділ перший: проаналізовано загальну діяльність сільськогосподарського підприємства, його матеріально-технічну базу, кадрову політику та структуру посівних площ.

Розділ другий: досліджено теоретичні основи поверхневого обробітку ґрунту, визначено агротехнічні вимоги до міжрядної культивації, а також виконано детальний патентний огляд лап культиваторів.

Розділ третій: обґрунтовано конструктивну схему модернізації серійного агрегату, проведено повні кінематичні й динамічні розрахунки параметрів вдосконаленого робочого органу та доведено ефективність функціонування його геометрії.

Розділ четвертий: сформульовано комплекс правових, організаційних та інженерних заходів безпеки, розглянуто правила індивідуального захисту механізатора під час підготовки, безпосереднього виконання польових робіт.

Розділ п'ятий: розраховано показники економічної ефективнос, визначено річний фінансовий ефект від зниження витрат на запасні частини.

Ключові слова: культиватор, міжрядний обробіток, стрільчаста лапа, зносостійка наплавка, технологічна канавка, якість кришіння, тяговий опір, охорона праці.

ЗМІСТ

ВСТУП 7

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРО ПІДПРИЄМСТВО 8

1.1 Загальна характеристика підприємства 8

1.2 Виробничі ресурси й аграрна структура 8

1.3 Кадрове забезпечення 9

2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ 12

2.1 Аналіз існуючих способів і технологій поверхневого обробітку ґрунту 12

2.2 Агротехнічні вимоги до проведення міжрядної культивації 14

2.3 Фізично-механічні і технологічні властивості ґрунту 17

2.4 Літературний та патентний огляд по паровим культиваторам 22

3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬТИВАТОРА 36

3.1 Обґрунтування прийнятої схеми вдосконалення 36

3.2 Обґрунтування параметрів вдосконаленого культиватора та його робочих органів 42

3.3 Ефективність функціонування робочих органів 46

3.4 Кінематичні розрахунки вдосконаленого культиватора КРН-5,6 48

3.5 Динаміка силової взаємодії та енергетичні параметри вдосконаленого робочого органу 51

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯМ КРН-5,6 53

5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО КУЛЬТИВАТОРА КРН-5,6 57

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 60

ЛІТЕРАТУРА 62

ВСТУП

Сучасні тенденції розвитку агропромислового комплексу гостро ставлять питання зниження енергоємності та підвищення якісних показників поверхневого обробітку ґрунту. Ефективність функціонування машин безпосередньо залежить від конструктивної досконалості та зносостійкості їхніх робочих органів, які працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування та знакозмінних динамічних навантажень.

Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення експлуатаційного ресурсу культиваторів та оптимізації їхніх геометричних параметрів для забезпечення стабільності технологічного процесу.

Об’єктом дослідження є процес механізованого міжрядного обробітку ґрунту та взаємодії елементів конструкції з середовищем.

Предметом дослідження є геометричні, кінематичні та міцнісні параметри стійки, стрільчастої лапи та підсилювальної пластини.

Метою роботи є підвищення надійності й ефективності роботи просапного культиватора шляхом конструктивної модернізації його робочих органів для зниження питомих енерговитрат.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання: виконати комплексний аналіз існуючих технологій обробітку; провести патентний огляд технічних рішень; обґрунтувати параметри модернізованої стійки в умовах інтенсивного зношування; провести теоретичні розрахунки кінематики, динаміки та міцності елементів конструкції; оцінити економічну ефективність впроваджених рішень та розробити заходи з охорони праці.

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Загальна характеристика підприємства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Топаз», що розташоване у селі Шевченкове Синельниківського району Дніпропетровської області, є сучасним агропромисловим підприємством, яке спеціалізується на вирощуванні зернових, бобових та олійних культур. Господарство відіграє важливу роль у соціально-економічному розвитку регіону, забезпечуючи ефективне використання земельних ресурсів та впровадження інноваційних технологій обробітку ґрунту.



Рис. 1.1 Місце розташування підприємства на мапі

Завдяки системному підходу до агротехнічних заходів, підприємство демонструє стабільні показники врожайності та якості продукції. ТОВ «Топаз» активно інтегрується у логістичні ланцюги аграрного сектору, сприяючи зміцненню експортного потенціалу та розвитку сільської інфраструктури, що підтверджує його статус надійного суб’єкта господарювання в аграрній галузі Придніпров’я.

1.2 Виробничі ресурси й аграрна структура

Виробнича структура ТОВ «Топаз» базується на науково обґрунтованій

сівозміні, ключовими елементами якої є стратегічно важливі для регіону культури: пшениця озима, соняшник, кукурудза та ріпак. Вирощування пшениці забезпечує високу якість зерна для продовольчих потреб, тоді як кукурудза демонструє значний енергетичний потенціал. Технічні культури, зокрема соняшник та ріпак, займають вагому частку в агровиробництві завдяки високій рентабельності та затребуваності на світових ринках. Таке поєднання культур сприяє оптимізації поживного балансу ґрунтів та гарантує сталу економічну стабільність сільськогосподарського підприємства у поточному сезоні.

Таблиця 1.1 Структура посівних площ вирощуваних культур

Вирощуванні культури	Площа, га
Озима пшениця	152
Соняшник	109
Ріпак	88
Кукурудза	87
Всього	436

1.3 Кадрове забезпечення

Кадрова політика ТОВ «Топаз» спрямована на формування висококваліфікованого трудового колективу, здатного забезпечувати ефективне управління складними агротехнічними процесами. Підприємство приділяє значну увагу професійному розвитку персоналу, дотриманню соціальних стандартів та створенню безпечних умов праці. Системний підхід до кадрового менеджменту дозволяє оптимізувати виробничу продуктивність, мінімізувати плинність кадрів та зміцнити корпоративну стійкість господарства в умовах динамічного аграрного ринку.

Продовження таблиці 1.2

Таблиця 1.2 Штатний розпис підприємства

Посада	**Кількість осіб**
Директор	1
Бухгалтер	1
Агроном	1
Тракторист-механік	3
Комбайнер	2

Матеріально-технічний комплекс ТОВ «Топаз» сформований на засадах функціональної достатності та технологічної ефективності, що дозволяє підприємству самостійно здійснювати повний цикл агротехнічних операцій на площі 436 гектарів. Основу парку становить потужна тягова сила у вигляді тракторів вітчизняного та закордонного виробництва, доповнена спеціалізованим парком вантажних автомобілів для логістичних потреб. Особлива увага приділяється точності висіву та якісному обробітку ґрунту, що досягається завдяки використанню комбінованих агрегатів, дискових борін та сучасних обприскувачів. Детальний перелік наявних засобів механізації, що забезпечують стабільність виробничих показників господарства, систематизовано у наведеній нижче таблиці.

Таблиця 1.3 Наявність сільськогосподарської техніки на підприємстві

Найменування агрегату	Кількість
МТЗ-982	2
МТЗ - 80	2
КАМАЗ 55111	1
КАМАЗ 5320	2
Комбайн John Deere	2
СЗ-3,6	2
Green Plains 1500	2
Борона АГД-2,4	2
ПЛН-5-35	3

ПЛН-3-35	2
Коток КЗСК-3,6	1
КПС-4	2
КПЕ-4,2	2
КРН-5,6	2
Обприскувач ОП-2000	2

Матеріально-технічне забезпечення ТОВ «Топаз» не обмежується лише рухомим складом сільгосптехніки, а являє собою комплексну інфраструктурну систему, адаптовану до потреб сучасного землеробства. Окрім тракторного парку та збиральних потужностей, господарство володіє допоміжним обладнанням, що забезпечує автономність виробничих процесів. Важливою складовою є власна ремонтна база, де зосереджено верстатне обладнання для оперативного технічного обслуговування. Зокрема, наявність універсальних токарно-гвинторізних та свердлильних станків дозволяє персоналу самостійно виготовляти дрібні запчастини та проводити відновлювальні роботи, що мінімізує простої техніки під час критичних польових фаз.

Ефективне функціонування підприємства також підкріплюється розвиненою системою зберігання та складської логістики. Земельний банк у 436 гектарів потребує чітко організованих майданчиків для тимчасового зберігання вирощеної продукції — пшениці, соняшнику та кукурудзи — до моменту їх реалізації.

Висновок: ТОВ «Топаз» постає як збалансоване та технологічно оснащене аграрне підприємство, що демонструє сталий розвиток у межах Дніпропетровської області. Раціональне поєднання земельних ресурсів площею 436 гектарів, оптимальної структури посівних площ та власного парку сільськогосподарської техніки створює надійну базу для високої продуктивності.

2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

2.1 Аналіз існуючих способів і технологій поверхневого обробітку ґрунту

Поверхневий обробіток ґрунту є фундаментальним агротехнічним заходом, що спрямований на оптимізацію едафічних умов для культивації сільськогосподарських рослин. Він передбачає комплекс механічних операцій, що здійснюються з метою модифікації фізичних та агрохімічних характеристик верхнього ґрунтового горизонту на глибину, що не перевищує 14–16 см [1]. Цей вид обробітку є критично важливим для підготовки ґрунту до посіву, оскільки забезпечує формування оптимальної ґрунтової структури, аерації та гідрологічного режиму. Окрім того, поверхневий обробіток сприяє елімінації сегетальної рослинності, що мінімізує конкуренцію з культурними рослинами за трофічні ресурси, гідратацію та фотосинтетично активну радіацію.

Поверхневий обробіток ґрунту охоплює такі базові технологічні операції, як дискове лущення, шлейфування, бороніювання, коткування та культивацію (суцільну й міжрядну) [2]. Цей комплекс заходів націлений на руйнацію ґрунтової кірки, консервацію ґрунтової вологи, нівелювання поверхні поля, елімінацію сегетальної рослинності та покращення аерації ґрунтового середовища. Окрім того, поверхневий обробіток сприяє оптимізації температурного режиму верхніх шарів ґрунту, що є важливим для проростання насіння та розвитку кореневої системи рослин. Він також відіграє важливу роль у підготовці ґрунту до посіву, забезпечуючи рівномірне розподілення насіння та створення оптимальних умов для їх проростання. У контексті екологічної стійкості, поверхневий обробіток сприяє зменшенню ерозії ґрунту, особливо на схилах, та покращенню інфільтрації води, що запобігає поверхневому стоку та втраті поживних речовин.

Лущення ґрунту являє собою агротехнічний прийом, що передбачає поверхневий обробіток ґрунту з метою збереження вологи, знищення бур'янів

та шкідників, а також створення сприятливих умов для проростання насіння бур'янів. Цей захід сприяє покращенню якості оранки та зменшенню питомого опору ґрунту. Лущення проводять одразу після збирання попередника.

Боронування ґрунту являє собою агротехнічний захід, що полягає в поверхневому обробітку ґрунту з метою розпушування, вирівнювання, знищення сходів та паростків бур'янів, затримання вологи та руйнування ґрунтової кірки. Цей прийом сприяє покращенню аерації ґрунту та створенню сприятливих умов для проростання насіння культурних рослин.

Шлейфування ґрунту являє собою агротехнічний захід, що передбачає вирівнювання поверхні ґрунту з метою забезпечення рівномірної глибини загортання насіння, особливо дрібнонасінних культур, таких як цукрові буряки та льон. Цей прийом сприяє створенню оптимальних умов для проростання насіння та формування рівномірних сходів.

Коткування ґрунту являє собою агротехнічний прийом, що полягає в ущільненні верхнього шару ґрунту за допомогою спеціальних котків. Цей захід сприяє вирівнюванню поверхні, підтягуванню вологи з нижніх горизонтів до поверхні, загортанню насіння на потрібну глибину та покращенню контакту насіння з ґрунтом. Коткування забезпечує оптимальні умови для проростання насіння та формування рівномірних сходів.

Культивація ґрунту являє собою комплексний агротехнічний захід, що передбачає поверхневий обробіток ґрунту з метою розпушування, перемішування, підрізання бур'янів, проріджування рослин, підгортання рослин, нарізання борозен та загортання мінеральних добрив. Існує два основних види культивації: суцільна та міжрядна.

Суцільну культивацію застосовують для догляду за полями до сівби, а її глибина варіюється залежно від вологості ґрунту: 10-12 см для вологого ґрунту та 5-6 см для сухого. Також суцільну культивацію використовують для передпосівної підготовки ґрунту, де глибина обробітку визначається глибиною загортання насіння.

Міжрядну культивацію проводять для догляду за культурами в період їх вегетації.

Міжрядна культивація здійснюється за допомогою спеціалізованих культиваторів, обладнаних робочими органами, такими як лапи, диски або ротори, які призначені для розпушування ґрунту в міжряддях. Принцип роботи полягає в тому, що культиватор рухається між рядами висаджених культур, обробляючи лише простір між ними, не зачіпаючи самі рослини. Робочі органи розпушують верхній шар ґрунту, забезпечуючи аерацію та знищуючи бур'яни, які ростуть у міжряддях. Глибина обробітку регулюється залежно від типу ґрунту, фази розвитку культури та мети культивації. У процесі роботи культиватор може також виконувати інші функції, такі як підгортання рослин, внесення добрив або нарізання борозен. Важливим аспектом є забезпечення точності руху культиватора, щоб уникнути пошкодження культурних рослин. Для цього використовуються різні системи навігації та керування, включаючи механічні, гідравлічні та електронні. У сучасних культиваторах застосовуються системи автоматичного керування, які використовують датчики та камери для точного визначення положення рослин та регулювання роботи робочих органів.

Міжрядну культивацію, як агротехнічний прийом, застосовують на широкому спектрі просапних культур, що характеризуються значними міжряддями, достатніми для проходження культиватора. Найбільш поширеними культурами, де застосовується міжрядний обробіток, є кукурудза, соняшник, цукрові буряки, картопля, соя та різноманітні овочеві культури. Цей захід є важливим елементом догляду за рослинами, оскільки сприяє розпушуванню ґрунту, знищенню бур'янів та покращенню аерації. Міжрядний обробіток є особливо важливим на ранніх етапах розвитку культур, коли вони найбільш чутливі до конкуренції з бур'янами. Він також дозволяє проводити підгортання рослин, що сприяє формуванню гребенів та захисту кореневої системи. Важливо зазначити, що міжрядну культивацію можна адаптувати до різних ґрунтово-кліматичних умов та технологій вирощування, що робить її універсальним інструментом у сільському господарстві.

2.2 Агротехнічні вимоги до проведення міжрядної культивації

Агротехнічні вимоги [3]:

1) Дотримання захисної зони: Необхідно забезпечити точне дотримання встановленої захисної зони рядка (± 2 см) для мінімізації пошкодження культурних рослин.
2) Своєчасність обробітку: Виконання міжрядної культивації повинно здійснюватися в оптимальні агротехнічні терміни, що відповідають фазі розвитку культури та ґрунтово-кліматичним умовам.
3) Якість розпушування: Ґрунт у міжряддях має бути рівномірно розпушений на задану глибину без вивертання нижніх вологих шарів на поверхню.
4) Ефективність знищення бур'янів: Культивація повинна забезпечувати повне (100%) підрізання та знищення бур'янів у міжряддях.
5) Мінімізація пошкоджень: Під час букетування або механічного проріджування необхідно запобігати пошкодженню культурних рослин, допускаючи не більше 3% пошкоджень у зоні рядка.
6) Динаміка глибини обробітку: З урахуванням росту рослин, глибина міжрядних обробітків повинна поступово збільшуватися від 2 до 10 см, з відповідним розширенням захисних зон.
7) Передзбиральна обробка: За необхідності, перед збиранням врожаю проводиться розпушення міжрядь на глибину до 16 см.
8) Внесення добрив: При поєднанні культивації з внесенням добрив, необхідно забезпечити їх рівномірне розподілення на задану глибину та відстань від рядків. Класифікація міжрядного обробітку за якістю [3]:

– Грубий обробіток: Характеризується широкою захисною зоною (до 30 см) та необхідністю додаткової ручної, механічної або хімічної обробки.
– Точний обробіток: Забезпечує захисну зону рядка до 10 см, вимагаючи механічної перевірки якості обробітку в захисній зоні.
– Селективний обробіток: Представляє собою технологію «точного землеробства», що дозволяє механічно знищувати бур'яни в міжряддях та зоні рядка, розрізняючи культурні та дикорослі рослини за допомогою фотоелементів (на стадії розробки).

У рамках даного проекту розглядаються культиватори моделей КРН-4,2, КРН-5,6Б та КОН-2,8А, які застосовуються для виконання різноманітних

агротехнічних операцій, включаючи поверхневий та глибокий обробіток ґрунту, внесення мінеральних добрив та здійснення заходів з захисту рослин.

Культиватори моделей КРН-4,2, КРН-5,6Б та КОН-2,8А відрізняються варіативністю застосування залежно від масштабу оброблюваних площ. КРН-4,2 та КРН-5,6Б демонструють оптимальну продуктивність на полях середнього та великого розміру, забезпечуючи ефективне виконання агротехнічних операцій, таких як передпосівна підготовка ґрунту або міжрядний обробіток. Їх конструктивні особливості дозволяють обробляти значні площі, що робить їх незамінними на великих сільськогосподарських підприємствах. Водночас, для обробітку невеликих полів або ділянок зі складною конфігурацією, культиватор КОН-2,8А є більш доцільним вибором. Його компактність та маневреність дозволяють ефективно працювати в умовах обмеженого простору, забезпечуючи високу точність обробітку. Таким чином, вибір культиватора залежить від конкретних потреб господарства та розміру оброблюваних площ, забезпечуючи оптимальне співвідношення продуктивності та ефективності.

Культиватори моделей КРН-4,2, КРН-5,6Б та КОН-2,8А демонструють адаптивність до різних типів ґрунтів, що робить їх універсальними інструментами для міжрядного обробітку. Вони ефективно функціонують на легких та середніх ґрунтах, таких як суглинки та чорноземи, забезпечуючи якісне розпушування та знищення бур'янів. Їх конструкція дозволяє працювати на ґрунтах з різною щільністю, забезпечуючи оптимальну глибину обробітку. На важких ґрунтах, таких як глинисті, може знадобитися додаткова обробка перед культивацією, щоб забезпечити ефективну роботу культиваторів. Однак, ці агрегати здатні працювати навіть в умовах підвищеної вологості ґрунту, що є важливим фактором для регіонів з частими опадами. Важливо зазначити, що вибір оптимального режиму роботи культиватора залежить від конкретних характеристик ґрунту, таких як вологість, щільність та структура.

Рельєф місцевості є важливим фактором, що визначає ефективність застосування культиваторів КРН-4,2, КРН-5,6Б та КОН-2,8А.

Ці агрегати демонструють оптимальну продуктивність на рівнинних та слабо похилих ділянках, де забезпечується стабільність руху та рівномірність

обробітку. КРН-4,2 та КРН-5,6Б, завдяки своїй конструкції, призначені для роботи на великих площах, де мінімізовані перепади висот, що дозволяє досягти максимальної продуктивності. Водночас, культиватор КОН-2,8А, завдяки своїй компактності та маневреності, може ефективно застосовуватися на ділянках з більш складним рельєфом, включаючи невеликі схили та нерівності. Це робить його універсальним інструментом для обробітку полів з різноманітним рельєфом, забезпечуючи якісний міжрядний обробіток навіть в умовах обмеженого простору. Важливо враховувати, що на ділянках з крутими схилами або значними нерівностями може знадобитися використання спеціалізованої техніки.

Вологість ґрунту є критично важливим фактором, що впливає на ефективність роботи культиваторів КРН-4,2, КРН-5,6Б та КОН-2,8А. Ці агрегати демонструють оптимальну продуктивність в умовах помірної вологості, коли ґрунт має достатню пластичність для якісного розпушування та знищення бур'янів. У випадку надмірної вологості, особливо на важких глинистих ґрунтах, можливе налипання ґрунту на робочі органи, що призводить до зниження ефективності обробітку та збільшення опору. У таких умовах рекомендується дочекатися підсихання ґрунту або використовувати спеціалізовані робочі органи, призначені для роботи на вологих ґрунтах. На сухих ґрунтах, навпаки, може спостерігатися надмірне пилоутворення та недостатнє розпушування, що негативно впливає на якість обробітку. В таких випадках рекомендується проводити культивацію в ранкові або вечірні години, коли вологість ґрунту є дещо вищою, або застосовувати додаткові заходи для зволоження ґрунту. Важливо враховувати, що оптимальна вологість ґрунту залежить від його типу та структури, а також від конкретних агротехнічних вимог до обробітку.

2.3 Фізично-механічні і технологічні властивості ґрунту

Ґрунт – верхній, розсипчастий шар земної кори, є невід'ємною складовою сільськогосподарського виробництва, виступаючи основним ресурсом для

вирощування різноманітних культур. Його обробка – це кропітка праця людини, спрямована на забезпечення оптимальних умов для росту та розвитку рослин. Ключовою якісною характеристикою ґрунту є його родючість, тобто здатність надавати рослинам необхідні елементи для їхнього повноцінного життєвого циклу. [4]

Обробка ґрунту створює сприятливе середовище для розвитку кореневої системи, забезпечуючи рослини поживними речовинами, необхідною вологою та достатнім доступом повітря. Ґрунт – це унікальне природне утворення, що формується в результаті складної взаємодії різноманітних факторів. До них належать кліматичні умови, материнська порода, рослинні та тваринні організми, а також рельєф місцевості. Цей багатогранний процес зумовлює величезну різноманітність типів ґрунтів та їхніх властивостей.

Як складне природне утворення, ґрунт складається з трьох основних фаз: *твердої, рідкої та газоподібної*. Кожна з цих фаз відіграє вирішальну роль у забезпеченні родючості ґрунту та підтримці життєдіяльності рослин.

Тверда фаза ґрунту, що є його кістяком, складається з мінеральних та органічних компонентів. Мінеральна складова, представлена різноманітними мінералами, є продуктом вивітрювання гірських порід. Цей процес формує широкий спектр мінералів, що визначають фізико-хімічні властивості ґрунту.

Органічна складова ґрунту, представлена гумусом, є визначальним фактором його родючості. Гумус, що формується внаслідок розкладання органічних решток рослинного та тваринного походження, відіграє ключову роль у формуванні фізико-хімічних властивостей ґрунту. Він забезпечує рослини необхідними поживними елементами, сприяючи створенню оптимальної структури для їх росту та розвитку.

Вміст гумусу в ґрунті варіюється залежно від його типу: чорноземи характеризуються високим вмістом гумусу, що становить 6-10%, тоді як дерново-підзолисті ґрунти мають значно нижчий показник – 0,6-2,1%. [2]

Мінеральна складова ґрунту представлена механічними фракціями різного розміру, що визначають його гранулометричний склад. Цей склад, тобто співвідношення різних фракцій, є одним із ключових факторів, що впливають на

родючість ґрунту, визначаючи його фізичні та хімічні властивості.

Рідка фаза ґрунту представлена ґрунтовим розчином, який складається з води та розчинених у ній мінеральних солей. Ґрунтовий розчин є джерелом живлення для рослин, оскільки містить необхідні для їх росту та розвитку поживні речовини.

Газоподібна фаза ґрунту представлена ґрунтовим повітрям, яке заповнює пори між частинками твердої фази.

У сільськогосподарському виробництві класифікація ґрунтів за механічним складом ґрунту базується на кількісному співвідношенні фракцій фізичного піску та фізичної глини. Цей критерій є визначальним для ідентифікації типу ґрунту та його властивостей, що безпосередньо впливають на родючість та придатність для вирощування різних сільськогосподарських культур.

Табл. 2.1 – Класифікація ґрунтів за механічним складом [2]

Тип ґрунту	Вміст фізичної глини, % (підзолисті)	Вміст фізичної глини, % (степові)
Глинистий важкий	Понад 80	Понад 85
Глинистий середній	65-80	75-85
Глинистий легкий	50-65	60-75
Суглинковий важкий	40-50	45-60
Суглинковий середній	30-40	30-45
Суглинковий легкий	20-30	20-30
Супіщаний	10-20	10-20
Піщаний зв'язний	5-10	5-10
Піщаний пухкий	0-5	0-5

Фізичні властивості ґрунту є критично важливими характеристиками, що визначають його родючість та здатність забезпечувати оптимальні умови для росту і розвитку рослин. До ключових фізичних властивостей ґрунту належать питома маса, об'ємна маса та шпаруватість.

Питома маса ґрунту, що є відношенням маси твердої фази ґрунту до маси води такого ж об'єму при температурі 4°С, вимірюється в г/см³ та відображає щільність твердих частинок ґрунту. Зі збільшенням вмісту гумусу в ґрунті його питома маса зменшується. Наприклад, питома маса кварцу становить 2,6-2,8 г/см³, тоді як торфу - 1,8 г/см³.

Об'ємна маса ґрунту, що є масою 1 см³ абсолютно сухого ґрунту з його природною структурою, вимірюється в г/см³ та є важливим показником щільності та пористості ґрунту. Оптимальні умови для росту більшості сільськогосподарських культур досягаються за об'ємної маси ґрунту в межах 1,0-1,3 г/см³.

Шпаруватість ґрунту, що є відношенням об'єму пор (шпарин) у ґрунті до загального об'єму ґрунту, виражається у відсотках та характеризує пористість ґрунту. Найкращі умови для розвитку рослин створюються за загальної шпаруватості ґрунту на рівні 50-60%.

Пори ґрунту поділяються на капілярні (діаметр менше 0,1 мм) та некапілярні (діаметр більше 0,1 мм). Оптимальне співвідношення капілярних і некапілярних пор є важливим для забезпечення вологою та повітрям кореневої системи рослин.Фізико-механічні властивості ґрунтів, такі як пластичність, липкість, набухання, осідання та зв'язність, питомий опір, опір зсуву та тертя ковзання відіграють важливу роль у визначенні їх придатності для обробітку та впливають на умови росту рослин.

Табл. 2.2 – Фракції ґрунту [4]

Фракція	Діаметр частинок, мм
Каміння	Понад 3
Гравій	3-1
Пісок крупний	1-0,5
Пісок середній	0,5-0,25
Пісок дрібний	0,25-0,05
Пил крупний	0,05-0,01
Пил середній	0,01-0,005

Пил дрібний	0,005-0,001
Мул	0,001-0,0001
Колоїди	Менше 0,0001

Вміст вологи в ґрунті протягом року зазнає значних коливань, від повного насичення до мінімального рівня. Ці зміни призводять до трансформації консистенції ґрунту. Стан ґрунту в період переходу від напівтвердої до твердої консистенції визначається як фізична стиглість.

У цей період ґрунт демонструє оптимальні фізичні властивості: добре кришиться, не прилипає до робочих органів сільськогосподарської техніки. Максимальний вміст абсолютної вологи в ґрунті, при якому можливий його обробіток, не повинен перевищувати 34...37%.

Твердість ґрунту – це його здатність протистояти проникненню твердого тіла. Цей показник залежить від вологості, щільності та складу ґрунту і є опосередкованим показником питомого опору ґрунту. [5]

Питомий опір ґрунту визначається як відношення сили тягового опору плуга до площі поперечного перетину шару, що піднімається. Ця характеристика є важливим фактором при проектуванні комбінованих агрегатів та визначенні ширини захвату машини. Питомий опір ґрунтів варіює в широких межах і залежить від їх типу, будови та стану.

Під час міжрядної культивації ґрунту відбуваються суттєві зміни його фізико-механічних властивостей, що позитивно впливає на розвиток сільськогосподарських культур. Основною метою міжрядної культивації є покращення водно-повітряного режиму ґрунту, зменшення його щільності та руйнування ґрунтової кірки, що сприяє оптимальному росту кореневої системи рослин [6].

Один з ключових процесів – розпушування ґрунту. Воно покращує проникнення повітря та вологи до кореневої зони, що стимулює розвиток аеробних мікроорганізмів і підвищує рівень біологічної активності. Завдяки розпушенню зменшується капілярне випаровування вологи, що особливо важливо у посушливих регіонах. Також під час культивації відбувається

перемішування верхнього шару, що сприяє рівномірному розподілу добрив і післяжнивних решток.

Іншим важливим аспектом є підрізування бур'янів. Культиватори ефективно знищують бур'яни у міжряддях, зменшуючи конкуренцію за вологу і поживні речовини. Це підвищує врожайність культур без додаткового використання гербіцидів [7].

Окрім розпушення, інколи застосовують ущільнення ґрунту котками для покращення контакту насіння з вологою та запобігання його пересиханню. Вирівнювання поверхні сприяє рівномірному проростанню рослин і полегшує механізований догляд за посівами.

2.4 Літературний та патентний огляд по паровим культиваторам

Культиватор-рослинопідживлювач КРН-4,2, що є начіпним агрегатом з шириною захвату 4,2 метра, призначений для міжрядного обробітку та внесення добрив при вирощуванні просапних культур, таких як кукурудза та соняшник, з міжряддям 70 см. Агрегатується з тракторами тягових класів 0,9 та 1,4 [8]

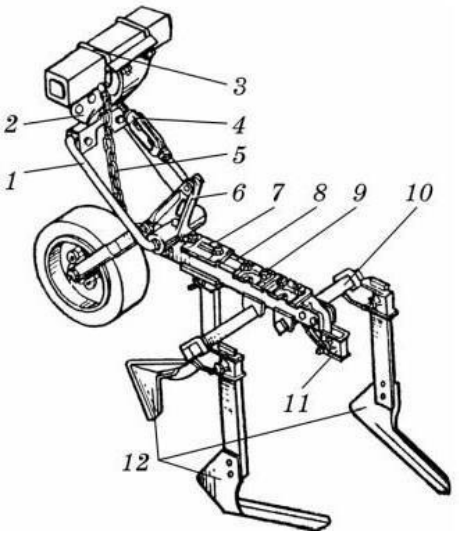


Рис. 2.1 Секція робочих органів культиватора КРН-4,2 [8]:
1 – нижня ланка паралелограмного механізму; 2 і 6 – передній і задній кронштейни; 3 – скоба; 4 – стяжна гайка; 5 – транспортний ланцюг; 7 – накладка з тримачем; 8 – гряділь; 9 – накладка з призмою; 10 – стрижень з боковим тримачем; 11 – задній тримач; 12 – лапи-бритви.

Конструкція культиватора включає в себе раму, виконану з поперечного бруса квадратного перерізу, посиленого вертикальним шпренгелем та шпренгелем стиску. До рами кріпиться начіпний механізм та сім секцій робочих органів, дві з яких оснащені опорними колесами. Кожна секція робочих органів являє собою паралелограмний механізм, що складається з переднього та заднього кронштейнів, з'єднаних верхньою та нижньою ланками, гряділя та копіювального колеса. До гряділя кріпляться лапи-бритви.

Підживлювальний пристрій складається з шести туковисівних апаратів тарілчастого типу, дванадцяти тукопроводів та підживлювальних ножів, шести кронштейнів туковисівних апаратів, підніжної дошки з поручнем, чотирьох з'єднувальних валиків, двох привідних ланцюгів, шести зірочок, двох натяжних роликів та чотирьох захисних щитків.

Привід туковисівних апаратів здійснюється від опорних коліс за допомогою ланцюгової передачі. Регулювання глибини обробітку ґрунту здійснюється шляхом зміни положення лап відносно опорних коліс. Кут входження лап у ґрунт регулюється стяжною гайкою верхньої тяги. Кріплення секцій робочих органів до рами здійснюється за допомогою скоб, що дозволяє змінювати їх розташування залежно від ширини міжряддя.

Культиватор-рослинопідживлювач УСМК-5,4В є спеціалізованим сільськогосподарським агрегатом, розробленим для передпосівного обробітку ґрунту та міжрядного догляду за посівами цукрових і кормових буряків з міжряддям 45 см. Цей культиватор забезпечує високу ефективність обробітку, поєднуючи в собі функції розпушування ґрунту, підживлення рослин та формування гребенів. [8]

Конструкція культиватора включає в себе тринадцять секцій робочих органів, що забезпечують обробку широкої смуги ґрунту за один прохід.

Кожна секція складається з переднього і заднього кронштейнів, гряділя, опорного колеса, бічних брусів з лапотримачами, стабілізуючої пружини, регулювального гвинта та ланок підвіски. Робочі органи, такі як прополювальні та розпушувальні лапи, підгортальники-корпуси, голчасті диски та ротори,

кріпляться до лапотримачів за допомогою болтів, що дозволяє легко замінювати їх залежно від потреб обробітку.

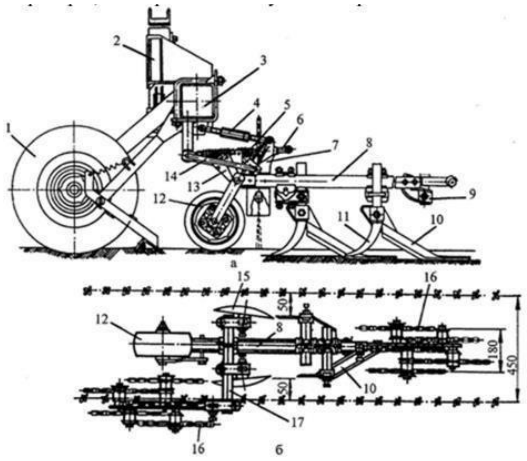


Рисунок 2.2 - Культиватор УСМК-5,4 [9]:

1 - опорно-приводне колесо; 2- замок автозчіпки; 3- брус; 4- верхня ланка підвіски; 5- пружина; 6- регулювальний гвинт; 7- задній кронштейн; 8- гряділь; 9- тримач лапи; 10 і 11- лапи; 12- опорний коток; 13- сектор; 14- нижня ланка підвіски; 15- захисні диски; 16- голчасті диски; 17- брус гряділя.

Підживлення рослин здійснюється за допомогою шести туковисівних апаратів АТП-2, які рівномірно розподіляють добрива вздовж рядків посівів. Привід туковисівних апаратів здійснюється від опорно-приводних коліс, встановлених у передній частині рами культиватора. Редуктор передає рух від коліс до туковисівних апаратів, забезпечуючи їх синхронну роботу.

Регулювання глибини обробітку ґрунту здійснюється шляхом переміщення опорного колеса відносно гряділя. Кут входження лап у ґрунт регулюється гвинтовим механізмом верхньої ланки підвіски, а стійкість ходу робочої секції – гвинтом пружини підвіски.

Для агрегатування з тракторами класів 1,4 і 2 культиватор оснащений замком автоматичної зчіпки СА-1. Транспортний пристрій та щілинорізи-напрямники забезпечують зручність транспортування та точність обробітку. Крім того, культиватор може бути обладнаний пристроєм для начіплювання борін, що дозволяє проводити додаткове розпушування ґрунту та вирівнювання поверхні поля.

Культиватор-рослинопідживлювач овочевий КОР-4,2, що є модифікацією КРН-4,2, призначений для міжрядного обробітку овочевих

культур з різними схемами посіву (45 см, 60 см, 70 см, 140 см, 50+90 см, 60+120 см, 8+62 см, 32+32+76 см), забезпечуючи знищення бур'янів, розпушування ґрунту, підгортання та внесення мінеральних добрив. [3]

Агрегат навішується на трактори тягового класу 1,4, дозволяючи працювати як на рівних полях, так і на гребеневих поверхнях. Конструктивною особливістю КОР-4,2 є піднята рама, що вимагає використання понижувачів для секцій робочих органів та опорно-привідних коліс, забезпечуючи необхідну глибину обробітку. Для внесення добрив культиватор обладнується туковисівними апаратами, що гарантує рівномірний розподіл мінеральних добрив вздовж рядків посівів. Культиватор овочевий рослинопідживлювач КОР-4,2 навісний призначений для догляду за посівами та посадками овочевих культур на рівній поверхні, гребенях, зокрема для розпушування ґрунту з підрізанням бур'янів у міжряддях, присипання рослин ґрунтом з метою знищення бур'янів на грядах та підживлення мінеральними добривами. Випускається у двох модифікаціях: КОР-4,2 — для роботи на рівній поверхні та гребенях та КОР- 4,2-01 — для роботи на трьох грядах.

Культиватор створений на базі просапного культиватора КРН-4,2 та відрізняється від нього знімним замком автозчеплення СА-1 з перехідною рамкою; встановленням чотирьох кронштейнів-понижувачів секцій для роботи на грядах; спеціальними односторонніми лапами для обробки укосів гряд; встановленням секцій робочих органів культиваторів КРН-4.2Г з важільними механізмами для групового регулювання глибини розпушування та подовженими квадратними тримачами для роботи в міжряддях 90 см; комплектами робочих органів. Культиватором можна обробляти на рівній поверхні дев'ять рядків при міжряддях 45 см, шість рядків при міжряддях 60, 70, 50 + 90, 8 + 62 см (дворядкових) та чотири — при міжрядді 60+120 см; шість рядків на гребенях при міжряддях 60 та 70 см; на трьох грядах дев'ять рядків та чотири борозни при міжряддях 32+32+76 см або шість рядків та чотири борозни між грядами при міжряддях 50+90 см. Культиватор КОР-4,2 укомплектований 7 секціями робочих органів; 12 зубами; 12 стійками з лапами шириною 165 мм, 7 — з лапами 220 мм, 4 — з лапами 330 мм та 14 — лапами 270 мм; 12 лапами-

відвальчиками; корпусами для обробки гребенів; додатковим комплектом обладнання для обробки міжрядь 45 см. Культиватор КОР-4,2-01 укомплектований 10 секціями робочих органів; 6 зубами; 12 стійками з лапами 165 мм, 6-с лапами 145 мм, 46-с лапами для обробки гряд; 4 корпусами-бороздорізами; 6 лапами-відвальчиками; 4 понижувачами та подовжувачами; перехідною рамкою. Агрегатується з тракторами МТЗ-80/82.

Культиватор фрезерний КФ-5,4, з шириною захвату 5,4 м, призначений для міжрядного обробітку дванадцятирядних посівів цукрових буряків та інших низькостеблових культур з міжряддям 45 см, агрегатується з тракторами класів 1,4 і 2, складається з рами з начіпним механізмом, двох опорних коліс, дванадцяти секцій робочих органів, центрального конічного редуктора і двох трансмісійних валів, секція включає корпус, два диски з Г-подібними ножами, пасивний ніж, кожух з фартухом, ланцюгову передачу та запобіжну муфту, привід фрезерних барабанів – від ВВП трактора через карданну передачу, центральний редуктор, трансмісійні вали, запобіжну муфту та ланцюгову передачу, глибина обробітку регулюється в межах 4-8 см гвинтовим механізмом та зміною довжини центральної тяги. [10]

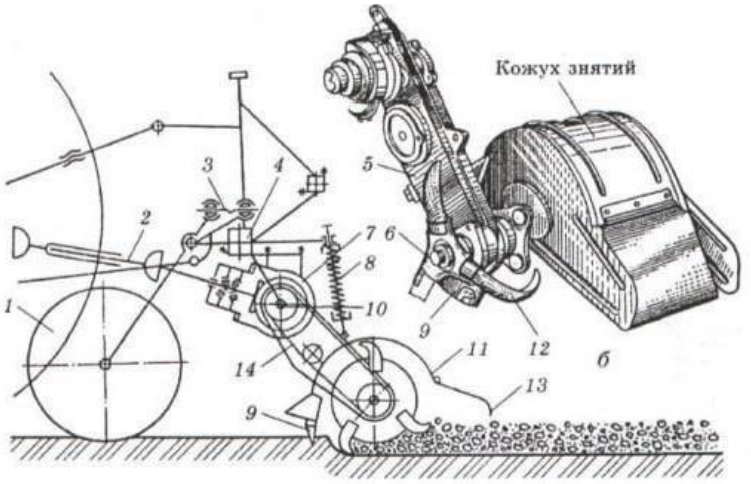


Рис. 2.3 Культиватор фрезерний КФ-5,4 [10]:

а – принципова схема; б – робоча секція; 1 – опорне колесо; 2 – карданнапередача; 3 – гвинтовий механізм; 4 – рама; 5 – корпус; 6 – диск; 7 – редуктор; 8 – штанга з пружиною; 9 – пасивний ніж; 10 – вал; 11 – кожух; 12 – активний ніж; 13 – фартух; 14 – ланцюгова передача.

Культиватор BEDNAR ROW-MASTER RN_PROFI представляє нове покоління агрегатів для міжрядної обробки широкорядних культур, таких як соняшник та кукурудза [11]. Ключовою конструктивною перевагою моделі є збільшений до 90 см кліренс рами, що дозволяє проводити аерацію та боротьбу з бур'янами на пізніх стадіях вегетації рослин без ризику їх пошкодження. Висока точність позиціонування робочих органів забезпечується автоматизованою системою наведення CultiCam, яка зчитує рядки та коригує рух секцій у реальному часі. Інноваційна функція ROW-UNIT CONTROL реалізує індивідуальне керування кожною секцією на основі даних GPS, що дозволяє автоматично піднімати робочі блоки на висоту 45 см при проходженні розворотів або меж поля.



Рис. 2.4 Загальний вигляд культиватора BEDNAR ROW-MASTER RN_PROFI

Це мінімізує перекриття та захищає посіви від випадкового знищення. Паралелограмна підвіска кожної секції гарантує стабільне дотримання заданої глибини обробки в діапазоні 2–10 см, ефективно нівелюючи нерівності мікрорельєфу поля.

Культиватор HORSCH Transformer VF (Variable Frame) є високотехнологічним рішенням для прецизійної міжрядної обробки ґрунту, що поєднує в собі маневреність та високу продуктивність [12]. Ключовою конструктивною особливістю агрегату є інтегрована зсувна рама з висувною боковою консоллю, яка здатна зміщуватися на відстань до 450 мм. Це забезпечує екстремальну точність слідування за рядками культури навіть на складних схилах, мінімізуючи бокове зміщення робочих органів та захищаючи кореневу

систему рослин від механічних пошкоджень. Технічна концепція Transformer VF базується на компактній конструкції, що знижує потребу в підйомній силі та дозволяє ефективно агрегатувати культиватор з тракторами середньої потужності (від 120 до 250 к.с. залежно від ширини).

Висота рами становить 750 мм, що гарантує безперешкодну роботу на пізніх етапах розвитку широкорядних культур. Стабільність ходу кожної секції забезпечується широкою паралелограмною підвіскою, яка стійка до крутних моментів і дозволяє зберігати задану глибину обробки на швидкостях до 15 км/год.



Рис. 2.5 Загальний вигляд культиватора HORSCH Transformer VF

Автоматизація робочого процесу реалізована через систему камер RowControl, яка в реальному часі ідентифікує рядки та керує гідравлічним зміщенням рами. Використання передових інструментів, таких як кутові ножі для точного зрізу бур'янів та штригельні боронки для їх винесення на поверхню, підвищує агротехнічну ефективність операції. Агрегат повністю сумісний з протоколом ISOBUS, що дозволяє інтегрувати його в цифрову екосистему сучасного агропідприємства та використовувати функцію SectionControl для автоматичного підйому окремих секцій.

Патент RU2216138C2 «Лапа культиватора»

Патент RU2216138C2 стосується конструкції лапи культиватора, яка покращує експлуатаційні характеристики та довговічність робочого органа для обробки ґрунту шляхом застосування зносостійкого наплавленого шару на ріжучих кромках, що сприяє рівномірному зношуванню та самозагостренню

ріжучих частин, збільшуючи термін служби деталі, мінімізуючи втрати металу та підвищуючи ефективність агротехнічних робіт, оскільки оптимізоване співвідношення товщини наплавленого шару та основного металу сприяє стійкості до механічних навантажень, а також дозволяє зменшити силу опору при заглибленні, що знижує витрати пального, підвищуючи продуктивність польових робіт, зменшуючи ризик передчасного зношення та забезпечуючи стабільну якість обробки ґрунту, де застосування спеціальних сплавів із вмістом хрому та вуглецю забезпечує високу твердість та стійкість до абразивного зношування, що дозволяє підтримувати ефективність роботи протягом усього терміну експлуатації, а завдяки інноваційній геометрії ріжучих елементів покращується проникнення в ґрунтовий шар, зменшується ймовірність налипання ґрунту, що особливо важливо для використання у важких умовах експлуатації.

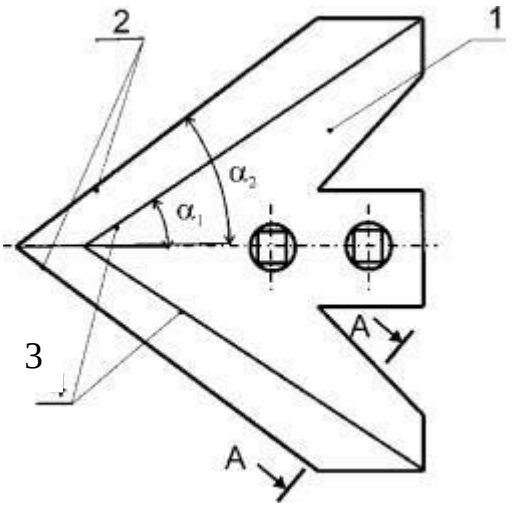


Рис. 2.6 – Вдосконалена лапа культиватора по патенту RU2216138C2

1 – леміх ; 2 – ріжуча кромка; 3 – наплавка із зносостійкого матеріала

Також сприяє кращому видаленню бур'янів та рівномірному розпушуванню ґрунту без його ущільнення, що позитивно впливає на подальший розвиток сільськогосподарських культур, покращуючи загальні агротехнічні показники, а також дозволяючи використовувати метал конструкції більш раціонально, що знижує експлуатаційні витрати, продовжує інтервали між

ремонтами, робить застосування модернізованої лапи економічно доцільним, а також сприяє екологічній стійкості сільськогосподарських технологій завдяки зниженню ресурсоємності та підвищенню ефективності ґрунтообробних процесів.

Патент RU154852U1 «Стрільчаста лапа»

Патент RU154852U1 стосується конструкції стрільчастої лапи культиватора, що використовується в сільськогосподарському машинобудуванні для обробки ґрунту.

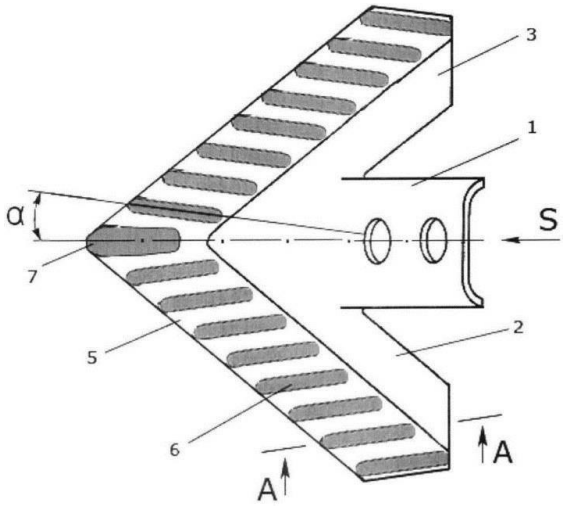


Рис. 2.7 – Вдосконалена стрільчаста лапа культиватора по патенту RU154852U1
1 – хвостик; 2 – ліве крило; 3 – праве крило; 5 – наплавка; 6 – лезо; 7 – носок

Розпушування та знищення бур'янів, і передбачає вдосконалення її експлуатаційних характеристик за рахунок застосування електродугової наплавки зносостійкого матеріалу на робочій поверхні, що забезпечує рівномірне зношування та подовжує термін служби деталі, де особливістю є виконання наплавки у вигляді центрального та бокових валиків, розташованих під кутом 12-17° до осі симетрії в напрямку руху робочої поверхні, що сприяє зниженню опору при проникненні в ґрунтовий шар.

Покращує процес розпушування та забезпечує ефективне самоочищення лапи від налиплого ґрунту, запобігаючи її передчасному зносу, причому довжина валиків становить 30-50 мм, а висота їхнього шару дорівнює 3-4 мм, що сприяє оптимальному розподілу навантаження на робочу частину лапи та підвищує її стійкість до механічного впливу під час експлуатації. При цьому бокові валики

розміщені з кроком 2-4 мм, а їхня ширина становить 5-7 мм, тоді як центральний валик має ширину 10-18 мм, що забезпечує рівномірне зношування та підтримання ріжучих властивостей лапи протягом усього періоду експлуатації, сприяючи зниженню витрат пального за рахунок полегшеного проникнення в ґрунт, зменшенню часу простою техніки через потребу в заміні робочих органів та забезпеченню стабільної якості обробки ґрунту, що є ключовим фактором для ефективного ведення сільськогосподарських робіт, оскільки вдосконалена конструкція лапи дозволяє знизити експлуатаційні витрати, покращити продуктивність та забезпечити більш раціональне використання матеріальних ресурсів, що робить її економічно доцільним рішенням у сучасному агровиробництві.

Патент RU930200U1 «Лапа культиватора»

Дослідження присвячене удосконаленню конструкції лапи культиватора, що застосовується для обробки ґрунту.

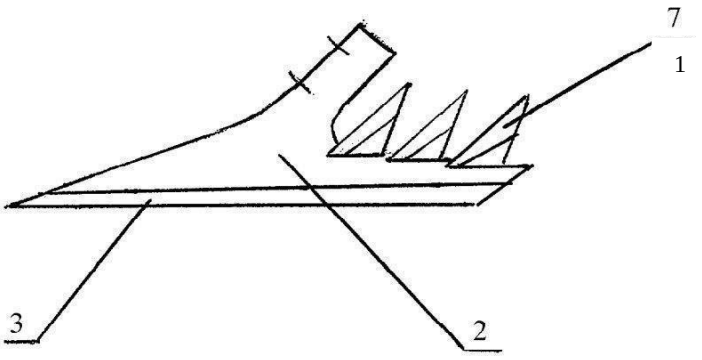


Рис. 2.8 – Вдоконалена конструкція лапи культиватора по патенту RU930200U1

1 – зубці; 2 – стрілчаста лапа; 3 – ріжуче крило

Запропонована модель містить праве та ліве плоскоріжучі крила з режучими кромками і зубцями.

Основна особливість конструкції полягає в тому, що кут заточки кромок зменшується від центральної частини лапи до її країв, що підвищує ефективність різання ґрунту. Зубці утворюються шляхом згину надрізаних частин крил лапи з тильного боку, що забезпечує додаткове розпушування ґрунту.

Величина зміни кута заточки знаходиться в діапазоні 80°-5°, що сприяє оптимальному балансу між ріжучою здатністю та зносостійкістю. Зубці можуть розташовуватися на верхній поверхні крил лапи та мати власні ріжучі кромки із кутом заточки, що також зменшується від основи до периферії. Надрізи на крилах виконані паралельно один одному та розташовані симетрично відносно осі лапи, що сприяє рівномірній обробці ґрунту. Лінія згину зубців розташована паралельно напряму руху лапи, а сам кут згину становить 80-110°. Крім того, надрізи можуть мати дугоподібну форму, утворюючи випуклі або вогнуті ріжучі кромки. Деякі варіанти передбачають зубці, зігнуті по радіусу у напрямку до або від стійки. Використання цієї конструкції дозволяє підвищити якість обробки ґрунту, знизити енергетичні витрати та покращити продуктивність культиватора.

Патент UA71315A описує вдосконалену конструкцію стрілчастої лапи культиватора, розроблену фахівцями ВАТ «Тернопільський комбайновий завод».

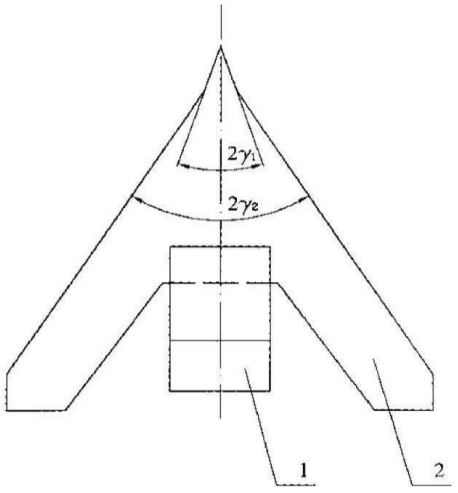


Рис. 2.9 – Загальний вид вдосконаленої лапи по патенту

1 – стійка; 2 – стрілчаста лапа

Ключова інновація полягає у використанні подвійного кута розхилу різальних крайок: початковий сегмент має кут 50–54°, який плавно переходить у фінальний діапазон 70–80°.

Така геометрична конфігурація забезпечує універсальність робочого органу, дозволяючи якісно підрізати бур’яни на ґрунтах різної в’язкості та сипучості без необхідності заміни обладнання при переході на нові ділянки, що суттєво оптимізує агротехнічний процес.

Патент UA146531U представляє інноваційну конструкцію

ґрунтообробблювального робочого органу культиватора, ключовою особливістю якого є застосування змінного обертового валка з набором розпушувальних елементів різної геометричної форми.Патент представляє інноваційну конструкцію ґрунтообробблювального робочого органу культиватора, ключовою особливістю якого є застосування змінного обертового валка з набором розпушувальних елементів різної геометричної форми.

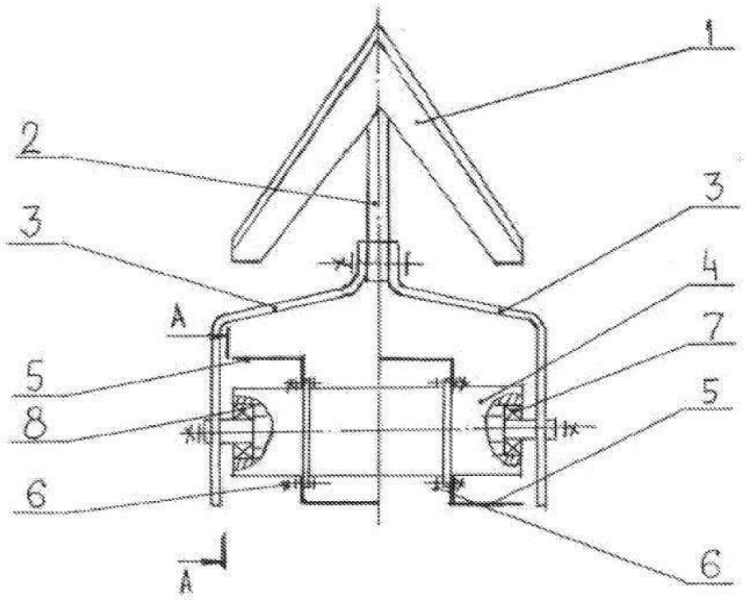


Рис. 2.10 Загальний вид вдосконаленої лапи по патенту

1 – стрілчаста лапа; 2 – стійка, 3 – кронштейн, 4 – обертаючий валок; 5 – змінний розпушувач; 6 – пристрої кріплення; 7,8 – підшипники

Така архітектура вузла дозволяє здійснювати оперативну адаптацію агрегату до конкретних ґрунтово-кліматичних умов та поточного стану агротехнічного фону. Впровадження даного рішення забезпечує стабільно високу якість кришення ґрунту та інтенсивне знищення бур’янів, що безпосередньо сприяє оптимізації водного режиму та підвищенню загальної врожайності сільськогосподарських культур.

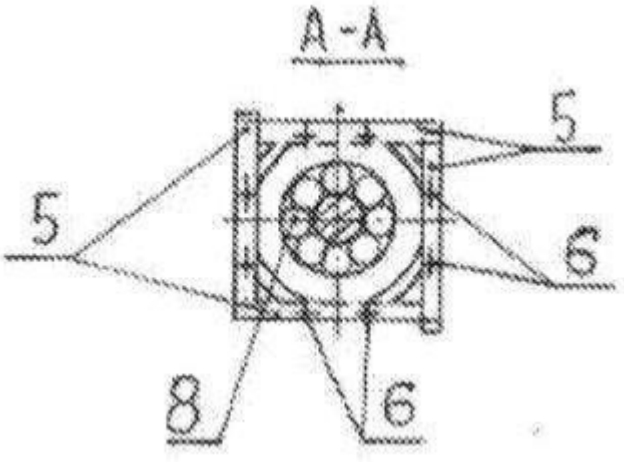


Рис. 2.11 – Розріз А-А

Патент USD1055115S закріплює пріоритет на унікальне візуальне та конструктивне рішення стрілчастої лапи культиватора. Дизайн об’єкта вирізняється специфічною ергономічною геометрією крил та центрального гребеня, що оптимізує обтікання робочого органу ґрунтовим потоком.

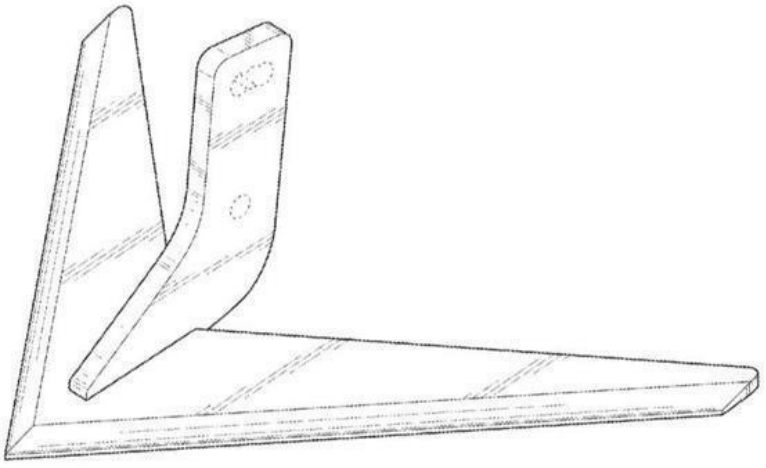


Рис. 2.12 Загальний вид вдосконаленої лапи по патенту USD1055115S

Таке архітектурне виконання спрямоване на зниження тягового опору агрегату та забезпечення рівномірного підрізання кореневої системи бур’янів за збереження структурної цілісності поверхневого шару. Запропонована конфігурація гармонійно поєднує функціональну витривалість із сучасними вимогами до аеродинаміки ґрунтообробних елементів, підвищуючи загальну енергоефективність процесу міжрядної культивації.

Патент US10568252B2 описує вдосконалену конструкцію стрілчастої лапи польового культиватора, ключовою інновацією якої є інтегроване вертикальне лезо, приварене до нижньої поверхні крил.

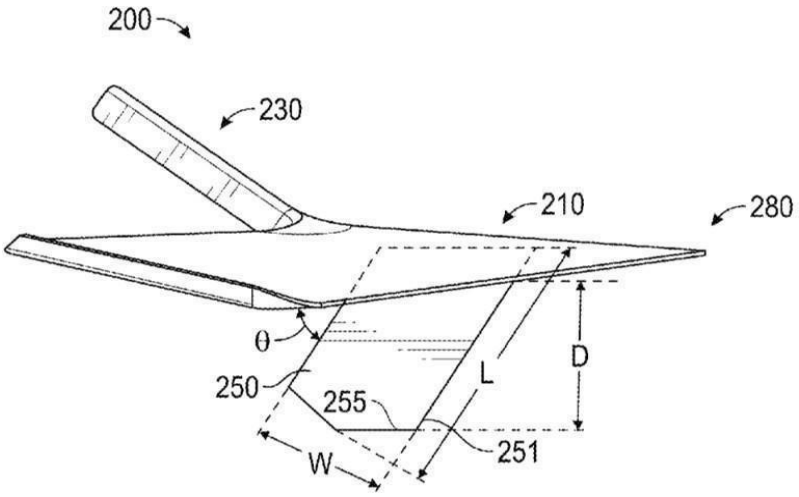


Рис. 2.13 Загальний вид вдосконаленої лапи по патенту USD1055115S

Даний елемент, розташований поздовжньо в центральній площині, має нахилені під кутом 30–60° передню та задню кромки. Така архітектура забезпечує ефективне вертикальне розпушування підошви борозни одночасно з горизонтальним підрізанням пласта, що суттєво покращує аерацію ґрунту та дренажні властивості без збільшення тягового опору агрегату.

Висновок: на основі проведеного аналізу існуючих технологій та патентного огляду встановлено, що підвищення якості міжрядного обробітку ґрунту можливе через удосконалення наплави та геометрії стрілчастих лап, що дозволить знизити енергоємність процесу, забезпечити стабільність глибини ходу та ефективне знищення бур’янів.

3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬТИВАТОРА

3.1 Обґрунтування прийнятої схеми вдосконалення

Аналіз конструкційних особливостей сучасних культиваторів для суцільного обробітку ґрунту виявив нагальну потребу в оптимізації якісних показників обробітку за умов підвищеної складності агротехнічних завдань. З метою вирішення цієї проблеми пропонується інтеграція додаткових робочих органів у конструкцію серійних культиваторів. Зокрема, перспективним напрямком є модифікація культиватора КРН-5,6 шляхом оснащення його вдосконаленими робочими органами. Зазначена модернізація спрямована на покращення агротехнічної якості обробітку ґрунту, підвищення операційної ефективності агрегату та мінімізацію енергетичних витрат.

Представлена культиваторна лапа є вдосконаленим елементом ґрунтообробного агрегату, спрямованим на оптимізацію процесу розпушування та підрізання ґрунту. Використання зносостійких наплавних матеріалів на ключових елементах, таких як ріжуча кромка лемеша та спеціально сформований валик на робочій поверхні, значно підвищує експлуатаційну довговічність виробу. Технологічна канавка, заповнена зносостійким сплавом, забезпечує додатковий захист найбільш схильної до абразивного зношування зони. Стратегічне розташування ліній наплавки валика під певним кутом сприяє ефективнішому кришенню ґрунтових брил, що позитивно впливає на якість підготовки посівного ложа та загальну продуктивність сільськогосподарських робіт.

Представлена розробка розкриває інноваційну конструкцію культиваторної лапи, що є ключовим робочим органом у складі різноманітних сільськогосподарських агрегатів, призначених для первинної та вторинної обробки ґрунту. В контексті сучасного землеробства, де зростають вимоги до

енергоефективності, якості обробітку та довговічності сільськогосподарської техніки, розробка удосконалених конструкцій ґрунтообробних знарядь набуває особливої актуальності.

Запропоноване технічне рішення спрямоване на підвищення ефективності процесу культивації шляхом оптимізації геометрії ріжучої кромки та застосування спеціальних зносостійких матеріалів, що в кінцевому підсумку сприяє покращенню агротехнічних показників обробленого ґрунту та зменшенню експлуатаційних витрат.

Однією з ключових особливостей розробленої конструкції є леміш, оснащений ріжучою кромкою, на яку нанесено наплавку з високоміцного та зносостійкого матеріалу. Застосування такого технологічного прийому дозволяє значно збільшити термін служби робочого органу, мінімізуючи необхідність частої заміни або відновлення лемешів, що є важливим фактором зниження витрат на обслуговування сільськогосподарської техніки. Вибір оптимального матеріалу для наплавки, що характеризується високою твердістю та стійкістю до абразивного зношування, є результатом ретельних досліджень у галузі матеріалознавства та спрямований на забезпечення тривалої та ефективної роботи в умовах інтенсивного контакту з ґрунтом різного механічного складу.

Подальшим удосконаленням конструкції є наявність спеціального валика, наплавленого безпосередньо на робочу поверхню лапи. Цей валик формується шляхом проплавлення основного металу лапи по чітко визначених лініях наплавки, що забезпечує міцне з’єднання наплавленого шару з базовим матеріалом. Геометричні параметри та розташування цього валика, зокрема його висота та форма поперечного перерізу, розраховуються з урахуванням оптимального впливу на оброблюваний ґрунт. Завдяки такому конструктивному рішенню досягається більш інтенсивне кришіння ґрунтових брил, що сприяє формуванню дрібнокомкуватої структури ґрунту, яка є оптимальною для подальшого проведення посівних робіт та забезпечення

сприятливих умов для проростання насіння та розвитку кореневої системи рослин. З тильного боку ріжучої кромки лемеша передбачена технологічна канавка, яка заповнена зносостійким сплавом. Цей елемент конструкції виконує подвійну функцію. По-перше, він забезпечує додаткове зміцнення найбільш навантаженої ділянки ріжучої кромки, підвищуючи її стійкість до механічних пошкоджень та абразивного зношування. По-друге, форма та розташування канавки можуть впливати на процес відведення ґрунту під час роботи, оптимізуючи таким чином енергетичні витрати агрегату та якість обробітку.

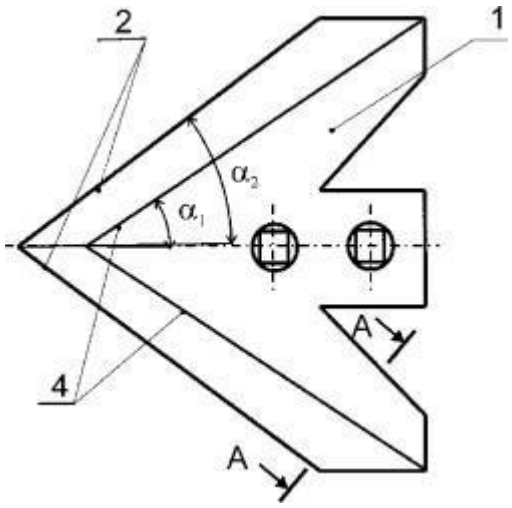


Рис. 3.1 – Вдосконалена лапа культиватора

Використання спеціальних зносостійких сплавів для заповнення цієї канавки, що характеризуються високою твердістю та стійкістю до ударних навантажень, є важливим аспектом забезпечення надійної та довговічної роботи культиваторної лапи в складних польових умовах.

Особливу увагу приділено розташуванню валика, наплавленого по лініях напрямку, які розміщені під кутом, що є меншим або рівним куту розчину лемеха лапи. Таке конструктивне рішення є ключовим для досягнення заявленого технічного результату – підвищення якості кришіння ґрунту при одночасному збільшенні ресурсу культиваторної лапи. Оптимальне співвідношення кута наплавки валика та кута розчину лемеха забезпечує

ефективний розподіл зусиль, що виникають під час обробітку ґрунту, сприяючи більш інтенсивному руйнуванню ґрунтових брил та зменшенню опору руху агрегату.

Представлена розробка описує інноваційну конструкцію культиваторної лапи, призначеної для ефективного обробітку ґрунту в сільськогосподарському виробництві. У контексті сучасних вимог до якості підготовки ґрунту, енергоефективності та довговічності сільськогосподарської техніки, розробка удосконалених робочих органів є надзвичайно актуальною. Запропоноване технічне рішення спрямоване на оптимізацію процесу культивації шляхом застосування спеціальних технологічних рішень, що включають використання зносостійких матеріалів та оптимізовану геометрію робочих поверхонь.

Ключовим елементом конструкції є леміш, ріжуча кромка якого посилена наплавкою з високоміцного матеріалу. Це дозволяє значно підвищити стійкість лемеша до абразивного зношування, що є типовим для інтенсивного контакту з ґрунтом. Застосування якісної наплавки продовжує термін експлуатації лапи, зменшуючи витрати на її обслуговування та заміну.

Додатковою особливістю є наявність валика, наплавленого на робочу поверхню лапи з проплавленням основного металу. Такий підхід забезпечує міцне з’єднання наплавленого шару та підвищує його стійкість до відшарування під час роботи. Геометричні параметри та розташування цього валика розраховані таким чином, щоб забезпечити ефективне кришіння ґрунтових брил, що сприяє поліпшенню структури ґрунту та створенню оптимальних умов для подальшого посіву.

З тильного боку ріжучої кромки передбачена технологічна канавка, заповнена зносостійким сплавом. Цей елемент не лише зміцнює кромку, але й може впливати на процес відведення ґрунту, оптимізуючи енергетичні витрати. Важливим аспектом є розташування наплавленого валика під кутом,

меншим або рівним куту розчину лемеха. Таке рішення сприяє підвищенню якості кришіння ґрунту та одночасно збільшує ресурс культиваторної лапи, що є важливим для підвищення ефективності сільськогосподарських робіт.

Представлений фрагмент деталізує технологічний процес нанесення зносостійкої наплавки на ріжучу кромку лемеша культиваторної лапи, а також наводить кількісні характеристики отриманого зміцненого шару. З метою забезпечення високої якості наплавленого шару та його надійного зчеплення з основним металом лемеша, перед початком процесу наплавлення проводиться ретельна підготовка поверхні, що включає видалення продуктів корозії, які можуть негативно вплинути на адгезію та міцність з’єднання.

Процес наплавлення здійснюється за допомогою електроду діаметром чотири міліметри при сталому струмі силою двісті ампер із застосуванням зворотної полярності. Обрані параметри зварювального процесу забезпечують стабільне горіння дуги, що є важливим фактором для формування якісного наплавленого шару без дефектів, таких як пори, раковини та сліди розбризкування металу. Отриманий наплавлений шар характеризується гладкою поверхнею, що свідчить про оптимальні режими зварювання та високу якість використаних електродів.

Важливим аспектом технологічного процесу є забезпечення якісного розтікання та високої адгезії наплавленого шару з основним матеріалом лемеша. Відсутність відшарувань та непроварів свідчить про ефективність обраної методики наплавлення та сумісність використаних матеріалів. Після завершення процесу наплавлення проводиться контрольоване охолодження виробу на повітрі. Такий режим охолодження сприяє мінімізації виникнення термічних усадочних тріщин у наплавленому шарі, кількість яких є незначною і становить приблизно одну тріщину на сто міліметрів наплавленої поверхні, що є прийнятним показником для даного типу виробів.

Для оцінки механічних властивостей отриманого зміцненого шару було проведено вимірювання мікротвердості. Мікротвердість наплавленого матеріалу склала 930 кг/мм², що значно перевищує мікротвердість основного металу, яка становить 197 кг/мм². Вимірювання проводилися за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 при навантаженні сто грам на мікрошліфі зразка, вирізаного безпосередньо з наплавленої деталі. Отримані результати свідчать про значне підвищення зносостійкості наплавленого шару, що, відповідно, призводить до збільшення експлуатаційного ресурсу культиваторної лапи в чотири-шість разів порівняно з базовим варіантом.

Окрім підвищення зносостійкості, важливим експлуатаційним параметром є тяговий опір ґрунтообробного знаряддя. Проведені випробування на машині тертя СМТ-1 показали, що виступання наплавлених валиків над робочою поверхнею лапи не призводить до збільшення коефіцієнта тертя. Навпаки, у парі з наплавленими зразками спостерігається зниження коефіцієнта тертя порівняно з базовим варіантом. Це свідчить про те, що запропонована конструкція не лише підвищує довговічність, але й може сприяти зниженню енергетичних витрат на обробіток ґрунту.

Застосування технології наплавлення може здійснюватися як на спеціалізованих ремонтно-технічних підприємствах, що займаються відновленням сільськогосподарської техніки, так і в центральних ремонтних майстернях агропромислових комплексів, що забезпечує широкі можливості для впровадження даного технічного рішення.

Основним пунктом формули є виконання наплавки на лезі ріжучої кромки у вигляді валика, розташованого вздовж цієї кромки під кутом, меншим або рівним куту розчину лемеха. При цьому валик наплавлений з проплавленням матеріалу лемеха на всю глибину по лініях наплавки, що сприяє створенню стискаючих напружень в процесі охолодження, підвищуючи міцність з’єднання. Додатковою відмінною ознакою є наявність технологічної канавки з тильного боку ріжучої кромки, а також визначене

співвідношення товщини лемеха з боку ріжучої кромки та з протилежного боку, що становить 0,4-0,5. Важливою особливістю є також сполучення валика з технологічною канавкою зоною проплавлення, що забезпечує додаткову міцність та надійність конструкції.

3.2 Обґрунтування параметрів вдосконаленого культиватора та його робочих органів

Ефективне знищення бур'янів є критично важливим для високої продуктивності сільськогосподарських угідь. Розпушувальні лапи механічно видаляють бур'яни підрізанням та відривом. Проектування робочих органів потребує врахування геометричних параметрів та умов експлуатації для досягнення оптимальних результатів.

Для ефективного підрізання бур'янів ковзним різанням та запобігання обполіскуванню лез, важливий ретельний підбір кутів γ. Оптимальні кути забезпечують не лише зрізання бур'янів, але й їх ковзання вздовж лез після видалення кореневої системи. Недотримання цього призводить до обполіскування лез та зниження продуктивності.

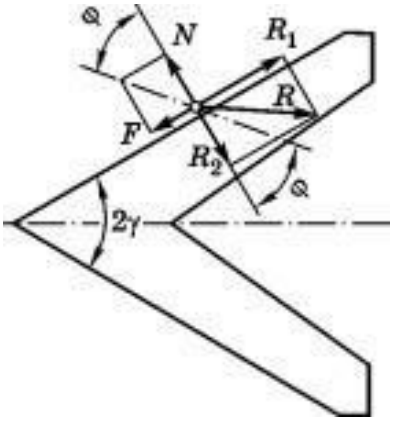


Рис. 3.2 –Схема дії на лезо лапи сил у момент підрізування бур'яну

Кути γ необхідно підбирати для забезпечення ковзного різання бур'яну та ковзання коренів вздовж лез, щоб уникнути обволікання лез. Для цього необхідно дотримуватися умови, що визначає оптимальне співвідношення між кутами γ та іншими параметрами ріжучого інструменту.

Дотримання цієї умови є критично важливим для забезпечення безперебійної роботи розпушувальних лап та запобігання накопиченню бур'янів на ріжучих поверхнях.

$$\gamma \leq 90° - \varphi \tag{3.1}$$

де φ – величина кута тертя бур'яну по лезі.

Для чорноземних глинистих ґрунтів, що характеризуються значним коефіцієнтом внутрішнього тертя, величина кута φ може досягати 45° згідно з джерелом [11]. При підстановці цього значення у відповідну формулу, призначену для розрахунку параметрів обробки ґрунту або іншого релевантного процесу, можна отримати числові результати, що відображають специфічні умови взаємодії інструменту з даним типом ґрунту:

$$\gamma < 45° \tag{3.2}$$

З практичних міркувань, для забезпечення ефективного розпушування та зменшення опору ґрунту, рекомендується вибирати кут розхилу лез (2γ) у діапазоні 50°...58°.

$$25° \leq \gamma \leq 29° \tag{3.3}$$

Відповідний кут γ, що є половиною кута розхилу, повинен знаходитися в межах 25°...29°. Такий вибір кутів сприяє оптимальному проникненню леза в ґрунт та знижує енерговитрати на обробіток, забезпечуючи при цьому якісне розпушування оброблюваної зони.

Відстань між рядами лап культиватора, що є критично важливим параметром для ефективної обробки ґрунту, визначається за допомогою емпірично встановленої залежності, представленої у вигляді формули. Ця

формула дозволяє оптимізувати розміщення робочих органів для забезпечення якісного розпушування та вирівнювання ґрунту [11]:

$$L = \frac{b}{tg[90° - (\gamma + \varphi)]} \quad (3.4)$$

де

b – ширина захвату окремої лапи, мм;

γ – половина кута розхилу леза лапи, град;

φ – кут тертя ґрунту по сталі, град.

Розрахуємо відстань між рядами лап:

$$Ln = \frac{270}{\text{tg}(90°-(28°+25°)} = 360 \text{ мм}$$

Рекомендована оптимальна відстань 500-600, *мм*. Приймаємо *Ln* = 560 мм [11].

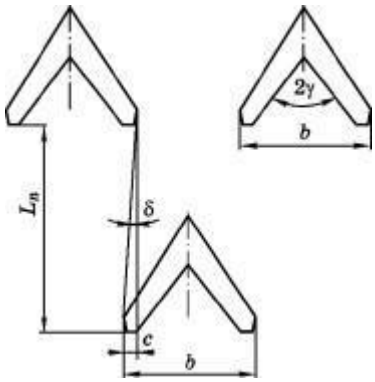


Рис. 3.3 – Схема розміщення полільних лап з перекриттям

Для забезпечення ефективного підрізання бур'янів та повноцінної обробки ґрунту на всій ширині захвату культиватора, ключовим критерієм при визначенні поперечного розміщення лап є забезпечення їх перекриття; величина цього перекриття, що є критичним параметром для досягнення якісної культивації, визначається з використанням відповідної залежності [11].

$$c = L_n tg\delta \quad (3.5)$$

Отже

$$c=560\text{tg}(7°)=68,75=0,69 \text{ мм}$$

де c – значення перекриття зони дії лап, мм;

L_n– відстань між рядами лап за ходом культиватора, мм (560 мм);

δ – кут відхилення культиватора від прямолінійного руху, 7 = (7°…9°) [12].

З метою забезпечення ефективного підрізання бур'янів та рівномірної обробки ґрунту, визначення оптимальної кількості полільних лап з однаковою шириною захвату є ключовим етапом. Розрахунок цього параметра здійснюється на основі математичної залежності, представленої формулою, що враховує агротехнічні вимоги та конструктивні особливості культиватора:

$$np = \frac{Bk}{t} \tag{3.6}$$

де np – кількість розпушувальних лап культиватора, що забезпечують необхідну продуктивність агрегату;

Bk – прийнята ширина захвату культиватора, яка визначає робочу ширину обробки (5600 мм – ширина культиватора КРН-5,6);

t – відстань між слідами лап, що залежить від схеми розташування лап (при дворядному розміщенні $t = A/2$, при трирядному – $t = A/3$), де A – відстань між рядами лап (250 мм)

$$np = \frac{5600}{250} \approx 22$$

Для ефективного підрізання бур'янів і рівномірної обробки ґрунту важливо визначити оптимальну кількість однакових по ширині полільних лап. Цей параметр розраховується за допомогою математичної формули. [11] :

$$n = \frac{Bk - c}{b - c} \tag{3.7}$$

де n – кількість полільних лап, що забезпечують необхідну продуктивність агрегату;

Bk – прийнята ширина захвату культиватора, що визначає робочу ширину обробки (5600 мм) ;

b – ширина захвату вибраної лапи, що є конструктивною характеристикою робочого органу (270 мм);

c – перекриття лап, що забезпечує повноту обробки ґрунту (68,75) .

$$n = \frac{5600 - 68}{270 - 68} = 27$$

3.3 Ефективність функціонування робочих органів

Ефективність функціонування робочих органів культиваторів, що забезпечують подрібнення рослинності та розпушування ґрунту, оцінюється за товщиною леза на відстані 0,5 мм від кромки, яка відповідає усталеній висоті. Дана методика дозволяє ідентифікувати рівень деградації матеріалу і регламентувати заходи щодо підтримки експлуатаційної придатності техніки. Збільшення товщини леза на цій ділянці свідчить про інтенсивне зношування і зумовлює необхідність проведення ремонтних робіт або заміни компонентів для дотримання технологічних вимог агротехніки .

Характерними дефектами лап культиваторів та аналогічних ґрунтообробних елементів є затуплення різальних частин і розширення затилованої фаски. Втрата гостроти призводить до зниження продуктивності агрегату, оскільки суттєво погіршується здатність підрізати пласти та обробляти ґрунт. Збільшення параметрів затилованої фаски також негативно корелює з робочими характеристиками, погіршуючи точність глибини і якість підготовки субстрату. Динаміка зносу лап культиваторів відповідно до наробітку представлена на Рис. 3.4, де зафіксовано трансформацію геометричних параметрів після певного циклу експлуатації. Ці структурні

зміни безпосередньо лімітують ККД техніки і вимагають постійного моніторингу для превентивної заміни або відновлення швидкозношуваних деталей механізму. [13]

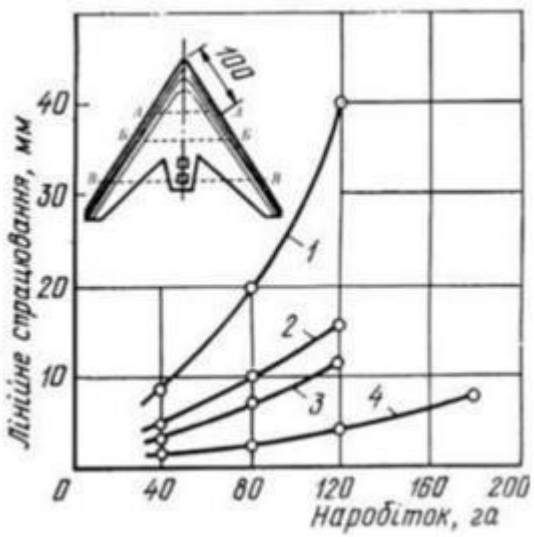


Рис. 3.4 Інтенсивність зношування лап культиваторів при експлуатації: 1 – у перерізі А-А; 2 – у перерізі Б-Б; 3 – у перерізі В-В; 4 – носка лапи (з додатковим наплавленням)

Сила динамічного напору D [14]

Опис: Ця величина визначає загальний енергетичний вплив потоку частинок ґрунту, що стикаються з робочою поверхнею лапи під час руху. Вона залежить від кінетичної енергії середовища та площі контакту зуба з перешкодою.

$$D = psv^2 = 1200 \cdot 0{,}0001 \cdot 2{,}5^2 = 0{,}75\ H \quad (3.8)$$

Складові динамічного напору (D_t та DN)

$$D_t = D \cdot cos^2\, y^1 = 0{,}75 \cdot 0{,}235 = 0{,}176\ H \quad (3.9)$$

Опис: Вектор загальної сили розкладається на дві компоненти: дотичну, яка сприяє ковзанню решток уздовж леза, та нормальну, що притискає їх до металу. Співвідношення між ними визначається геометрією лапи (кутом 29°).

Сила тертя T

$$T = f \cdot D_n = 0{,}5 \cdot 0{,}176 = 0{,}088\ H \quad (3.10)$$

Опис: Дана сила виникає внаслідок взаємодії поверхонь і безпосередньо

протидіє переміщенню часток ґрунту чи бур'янів вгору по профілю робочого органу. Її значення пропорційне силі притискання та властивостям матеріалу.

Аналіз умови самоочищення

$$tg\ y^{1} \leq \frac{1}{f} = \frac{1}{0{,}5} = 2{,}0 \qquad (3.11)$$

3.4 Кінематичні розрахунки вдосконаленого культиватора КРН-5,6

Для забезпечення високої якості обробітку ґрунту вдосконаленою лапою та стабільності технологічного процесу необхідно провести кінематичний аналіз руху агрегату. Це дозволить визначити оптимальні режими роботи, при яких енергетичні витрати будуть мінімальними, а ресурс робочих органів – максимальним.

1. Робоча швидкість руху агрегату

Для першної міжряжної культивації соняшнику, з метою запобігання присипанню молодих рослин з грунтом, робочу швидкість обмежують до 1,6-2,0 м/с. Визначається виходячи з агротехнічних вимог до кришіння ґрунту вдосконаленою лапою [15]:

$$V_p = V_{onm} \cdot (1 - \delta_{sk}) = 2{,}8 \cdot (1 - 0{,}12) = 2{,}46\ м/с \qquad (3.12)$$

де V_{onm} – оптимальна теоретична швидкість (2,5 – 3,0 м/с);

δ_{sk} – коефіцієнт буксування трактора (приймаємо 0,1 - 0,15)

Для наступних обробітків швидкість приймається на рівні 2,46 м/с, що забезпечує якісне підрізання бур'янів без пошкодження культури.

2. Теоретична продуктивність за годину основного часу

Розраховується для вдосконаленого КРН-5,6 із врахуванням прийнятої ширини захвату:

$$W_t = 0{,}1 \cdot B_k \cdot V_p = 0{,}1 \cdot 5{,}6 \cdot 2{,}46 = 1{,}38\ га/год \qquad (3.13)$$

де V_p – прийнята ширина захвату культиватора (5,6 м)

Швидкість 2,46 дає продуктивність 1,38 га/год, що забезпечує якісну міжрядну культивацію для соняшнику.

3. Шлях, що проходить лапа за одну секунду

Кінематичний параметр, необхідний для оцінки динамічного напору ґрунту на вдосконалену кромку[16]:

$$S_{sec} = V_p \cdot t = 2{,}46 \cdot 1 = 2{,}46\ м \tag{3.14}$$

де t = 1 с

4. Кінематичний показник режиму роботи

Визначає інтенсивність взаємодії ґрунтового пласта з наплавленим валиком:

$$\lambda = \frac{V_p}{V_{cr}} = \frac{2{,}46}{5} = 0{,}49 \tag{3.15}$$

де V_{cr} – швидкість розповсюдження деформації в ґрунті (приймаємо 5)

Отримане значення λ = 0,49 свідчить про помірний режим відкидання грунту що є критично важливо для соняшнику, оскільки дозволяє уникнути утворення високих гребенів у рядку та травмування кореневої шийки рослин.

5. Кутова швидкість відкидання частинок ґрунту наплавленим валиком

Враховуючи кут розташування валика до лемеха:

$$w_g = \frac{V_p \cdot sin\,(y)}{R_z} = \frac{2{,}46 \cdot 0{,}485}{0{,}12} = 9{,}94\ \text{рад/с} \tag{3.16}$$

де R – радіус кривизни робочої поверхні лапи в зоні валика (приймаємо 0,12 м).

6. Абсолютна швидкість руху частинки ґрунту по робочій поверхні

З урахуванням зниження коефіцієнта тертя на 9—15% завдяки наплавці. Приймаємо відносну швидкість v_{rel} = 1,8 м/с

$$V_{abs} = \sqrt{V_p^2 + v_{rel}^2 \quad 2V_p \quad v_{rel} \quad cos\,(90 - y)} \tag{3.17}$$

$$V_{abs} = \sqrt{2{,}46^2 + 1{,}8^2 - 2 \cdot 2{,}46 \cdot 1{,}8\, cos\,(90 - 29)} = 2{,}15 \text{м/с}$$

де v_{rel} – відносна швидкість ковзання ґрунту вздовж леза.

7. Час контакту одиничного об’єму ґрунту з робочим органом

Важливий для розрахунку абразивного зносу:

$$t = \frac{b}{V_p \cdot sin\,(y)} = \frac{0{,}27}{2{,}46 \cdot sin\,(29)} = 0{,}23 \text{ с.} \tag{3.18}$$

де b — ширина захвату окремої лапи (270 мм).

8. Доцентрове прискорення ґрунту при обтіканні валика

Визначає силу притискання ґрунту до зносостійкого шару:

$$A_n = \frac{V_{abs}^2}{p} = \frac{2{,}15^2}{0{,}01} = 462{,}25 \text{ м/с}^2 \tag{3.19}$$

де p – радіус профілю наплавленого валика.

9. Кінетична енергія потоку ґрунту, що діє на лапу

Визначається для розрахунку сили динамічного напору D:

$$E_k = \frac{m_g \cdot V_p^2}{2} = \frac{0{,}5 \cdot 2{,}46^2}{2} = 1{,}51 \text{ Дж} \tag{3.20}$$

де m_g– маса ґрунту, що взаємодіє з лапою в одиницю часу.

10. Поздовжня складова швидкості відведення бур’янів

Для запобігання обволікання лез [16]

$$V_x = V_p \cdot cos\,(y) \cdot cos\,(\varphi) = 2{,}46 \cdot cos\,(29°) \cdot cos\,(25°) = 1{,}95 \text{ м/с} \tag{3.21}$$

де φ – кут тертя бур’яну по лезі (приймаємо 25°).

3.5 Динаміка силової взаємодії та енергетичні параметри вдосконаленого робочого органу

Для повного обґрунтування модернізації КРН-5,6 необхідно проаналізувати зміну силових характеристик при взаємодії вдосконаленої лапи з ґрунтовим середовищем.

1. Питомий опір з урахуванням модифікації поверхні [6]

Зниження коефіцієнта тертя на 12% дозволяє перерахувати питомий опір ґрунту K_v для вдосконаленої конструкції:

$$K_v = K_b \cdot (1 - \Delta f) = 40 \cdot (1 - 0{,}12) = 35{,}2\ Кн/м^2 \quad (3.22)$$

де K_b – базовий питомий опір для важких ґрунтів (40 кН/м^2);

Δf – величина зниження тертя.

2. Тяговий опір одного робочого органу R_z

Зусилля, необхідне для переміщення однієї лапи в ґрунті, визначається за формулою:

$$R_z = K_v \cdot b \cdot a = 35{,}2 \cdot 0{,}27 \cdot 0{,}08 = 0{,}76\ кН = 760\ Н \quad (3.23)$$

де b – ширина захвату лапи (0,27 м); a – глибина обробітку (прийнято 0,08 м).

3. Сумарне тягове навантаження на раму культиватора R_{total}

Враховуючи розраховану кількість лап $n = 27$:

$$R_{total} = R_z \cdot n = 760 \cdot 27 = 20520\ Н = 20{,}5\ кН \quad (3.24)$$

4. Вертикальна складова сили притискання P_y [10]

Для стабільного ходу наплавленого валика необхідно розрахувати силу, що утримує лапу на заданій глибині:

$$P_y = R_z \cdot tg\,(a + \varphi) = 760\ tg\,(15° + 25°) = 637\ Н \quad (3.25)$$

де a – кут входу лапи в ґрунт; φ – кут тертя (25°).

5. Потужність на виконання технологічного процесу N_p

Визначається при робочій швидкості V_p = 2,46 м/с [13]:

$$N_p = R_{total} \cdot V_p - 20,5 \cdot 2,46 = 50,43 \text{ кВт} \quad (3.26)$$

6. Коефіцієнт корисної дії робочої поверхні η:

Оцінює ефективність використання енергії на кришіння ґрунту в порівнянні з витратами на тертя:

$$\eta = \frac{R_{total} - (R_{total} \cdot f_v)}{R_{total}} = 1 - 0,44 = 0,56 \quad (3.27)$$

де f_v – знижений коефіцієнт тертя (0,44 замість базового 0,5).

7. Питома енергоємність обробітку E_a:

Кількість енергії, що витрачається на обробку одного гектара поля:

$$E_a = \frac{N_P}{W_t} = \frac{50,43}{1,38} = 36,54 \text{ кВт} \cdot \text{год/га} \quad (3.28)$$

де W_t – продуктивність агрегату (1,38 га/год).

Висновок: у результаті обґрунтування параметрів вдосконаленого культиватора встановлено, що при ширині захвату лапи 0,27 м та глибині обробітку 0,08 м питомий опір ґрунту становить 35,2 кН/м^2. Тяговий опір одного робочого органу складає 760 Н, що при використанні 27 лап формує сумарне навантаження 20,5 кН, забезпечуючи стабільність ходу агрегату із вертикально силою притискання 637 Н.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯМ КРН-5,6

Забезпечення безпечних умов праці тракториста-механізатора є пріоритетним завданням агропромислового комплексу, що регулюється Законом України «Про охорону праці». Охорона праці в даній сфері визначається як система правових, організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження здоров’я працівника в умовах впливу специфічних виробничих факторів.

До основних небезпечних і шкідливих чинників під час роботи тракториста належать: рухомі частини машин, підвищений рівень шуму та вібрації, запиленість повітря робочої зони, а також психофізіологічні навантаження, зумовлені монотонністю праці. Тракторист зобов’язаний проходити попереднє та періодичне навчання, інструктажі з питань охорони праці та перевірку знань не рідше одного разу на рік для робіт із підвищеною небезпекою [17].

Експлуатація вдосконаленого культиватора рослинопідживлювача КРН-5,6 вимагає суворого дотримання регламенту технічної безпеки. Ось розширений розділ з охорони праці для дипломного проєкту, викладений у науковому стилі з дотриманням нормативних вимог та специфіки вдосконаленої конструкції КРН-5,6:

Підготовка до роботи вдосконаленого культиватора КРН-5,6: Процес підготовки розпочинається з комплексного візуального та інструментального контролю технічного стану агрегату, під час якого особлива увага приділяється перевірці моментів затягування нарізних сполучень кріплення вдосконалених лап, огляду цілісності зварних швів рами та перевірці відсутності мікротріщин у вузлах кріплення секцій. Необхідно здійснити детальну інспекцію гідравлічної системи на предмет герметичності рукавів високого тиску та надійності швидкороз’ємних муфт, оскільки будь-яке падіння тиску в системі вдосконаленого механізму може призвести до неконтрольованого опускання робочих органів. У випадку комплектації агрегату системою підживлення, перевіряється калібрування туковисівних апаратів та цілісність бункерів, а

персонал обов’язково забезпечується повним комплектом засобів індивідуального захисту, включаючи протигазові респіратори класу захисту не нижче FFP2, прогумовані фартухи та герметичні захисні окуляри для нівелювання ризиків хімічного ураження від пилу мінеральних добрив. Обов’язковим є також перевірка наявності світлоповертальних елементів та справності сигналізації для забезпечення видимості агрегату під час транспортування та роботи у сутінках.

Під час роботи: Експлуатація вдосконаленого агрегату в полі вимагає від механізатора безумовного дотримання встановлених швидкісних режимів та траєкторій руху, при цьому категорично забороняється будь-яке технічне обслуговування, очищення робочих поверхонь від рослинних залишків або регулювання положення наплавлених валиків лап при ввімкненому двигуні трактора чи під час руху. Постійний контроль за робочою зоною має виключати знаходження сторонніх осіб ближче ніж за 15 метрів від рухомого культиватора, а під час розворотів на вузьких ділянках поля механізатор повинен переконатися у відсутності перешкод та враховувати збільшений виніс вдосконаленої рами. Будь-які маніпуляції з гідравлічною системою для зміни глибини обробітку мають виконуватися плавно, без ривків, виключно після повної зупинки агрегату, а при виявленні нехарактерних звуків чи вібрацій, що можуть свідчити про деформацію зміцнених елементів конструкції, роботу слід негайно призупинити до з'ясування причин. Особлива пильність необхідна при роботі на схилах, де зміщення центру ваги вдосконаленого КРН-5,6 може вплинути на керованість трактора, тому маневрування має бути максимально обережним з постійним моніторингом надійності зчеплення.

Після закінчення роботи: Після завершення технологічного циклу агрегат необхідно перевести у зону обслуговування, де проводиться його повна дезактивація від залишків агрохімікатів та ретельне очищення робочих органів із застосуванням дерев’яних чи пластикових скребків для збереження цілісності зносостійкого покриття лап. Після очищення проводиться повторна дефектовка рами та кріплень на предмет виявлення втомних напружень металу, що виникли внаслідок динамічних навантажень, після чого всі рухомі з’єднання змащуються

згідно з картою змащування для запобігання корозії. Культиватор переводиться у транспортне положення з обов’язковим встановленням механічних стопорів (пальців-фіксаторів), що повністю знімають навантаження з гідросистеми під час тривалого зберігання, а самі секції опускаються на спеціальні підставки для запобігання деформації шин копіювальних коліс. Механізатор зобов’язаний здати зміну з відповідним записом у журналі технічного стану, попередньо виконавши процедури особистої санітарної обробки для видалення залишків виробничого пилу та токсичних речовин.

Аварійні ситуації: При виникненні критичних несправностей, таких як розрив гідроліній, раптове руйнування несучої балки або критичне забивання робочих органів, що загрожує перекиданням, механізатор повинен негайно активувати систему екстреної зупинки, заглушити силовий агрегат та заблокувати колісну базу трактора стоянковим гальмом. Суворо забороняється проведення будь-яких відновлювальних робіт під піднятими елементами вдосконаленого культиватора без використання сертифікованих страхувальних опор, оскільки статична вага конструкції у поєднанні з інерційними силами створює пряму загрозу життю. У разі виливу гідравлічної рідини або розсипання концентрованих добрив, необхідно вжити заходів щодо локалізації зони забруднення та недопущення потрапляння речовин у водосховища. Якщо стався нещасний випадок, першочерговим завданням є надання невідкладної домедичної допомоги потерпілому (промивання очей, зупинка кровотечі, іммобілізація), виклик медичної служби та збереження незмінної обстановки на місці події до прибуття комісії з розслідування, якщо це не створює додаткової небезпеки для оточуючих.Особлива увага приділяється безпеці під час розворотів на краях поля та транспортуванню агрегату дорогами загального користування. Культиватор повинен бути переведений у транспортне положення та зафіксований стопорними пристроями. Робоче місце тракториста має відповідати ергономічним вимогам щодо освітленості та параметрів мікроклімату кабіни для запобігання перевтомі.

Дотримання встановлених норм індивідуального захисту, зокрема використання спеціального одягу та засобів захисту органів слуху, дозволяє

мінімізувати ризики професійних захворювань. Тільки
комплексне поєднання технічної справності вдосконаленого обладнання та високої дисципліни працівника гарантує досягнення цілей системи управління охороною праці на підприємстві [18].

Оскільки вдосконалена модель може бути оснащена туковисівними апаратами для внесення мінеральних добрив, механізатор повинен суворо дотримуватися правил особистої гігієни та використовувати засоби індивідуального захисту (респіратори, рукавиці, захисні окуляри) для запобігання контакту слизових оболонок із хімічно активними речовинами. Завантаження добрив має здійснюватися за допомогою механізованих засобів або з дотриманням норм піднімання важких речей, щоб уникнути травмування опорно-рухового апарату.

Особливістю роботи з вдосконаленим КРН-5,6 є необхідність точного юстування секцій робочих органів. Усі регулювальні операції, включаючи зміну кута атаки лап або заміну робочих елементів, проводяться виключно при заглибленому в ґрунт або встановленому на надійні підставки агрегаті. Категорично забороняється підлазити під підняту раму культиватора, яка утримується лише гідросистемою трактора, без застосування додаткових механічних фіксаторів.

Висновок: Суворе дотримання регламентів охорони праці та врахування конструктивних особливостей вдосконаленого культиватора КРН-5,6 мінімізує ризики травматизму, забезпечуючи високу ефективність виробничого процесу та збереження здоров’я і працездатності тракториста-механізатора в агротехнічних умовах.

5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ: ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОГО КУЛЬТИВАТОРА КРН-5,6

Впровадження вдосконаленої конструкції лап, що мають наплавлений зносостійкий валик та технологічну канавку, дозволяє суттєво підвищити ресурс деталей та знизити витрати на їх заміну.

Таблиця 5.1 — Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Позначення	Значення
Ширина захвату культиватора	B_k	5,6 м
Кількість лап на агрегаті	n	27 шт.
Вартість базової лапи	C_b	450 грн
Вартість вдосконаленої лапи (з наплавкою)	C_v	750 грн
Річний обсяг робіт (соняшник)	Q	800 га

Розрахунковий ресурс вдосконаленої лапи R_v:

$$R_v = R_b \cdot K_r = 150 \cdot 5 = 750 \text{ га}$$

Кількість замін базових лап на річний обсяг N_b [19]:

$$N_b = \frac{Q}{R_b} \cdot n = \frac{800}{150} \cdot 27 = 144 \text{ шт/рік}$$

Кількість замін вдосконалених лап на річний обсяг N_v:

$$N_v = \frac{Q}{R_v} \cdot n = \frac{800}{750} \cdot 27 = 29 \text{ шт/рік}$$

Витрати на придбання лап для базового варіанту Z_b:

$$Z_b = N_b \cdot C_b = 144 \cdot 450 = 64{,}800 \text{ грн/рік}$$

Витрати на придбання лап для вдосконаленого варіанту Z_v:

$$Z_v = N_v \cdot C_v = 29 \cdot 750 = 21{,}750 \text{ грн/рік}$$

Сумарний річний економічний ефект E_m:

$$E_m = Z_b - Z_v = 64,800 - 21,750 = 43,050 \text{ грн/рік}$$

Капітальні витрати на переоснащення агрегату K_{inv}:

$$K_{inv} = n \cdot (C_v - C_b) = 27 \cdot (750 - 450) = 8\ 100 \text{ грн}$$

Термін окупності витрат на модернізацію T_{ok}:

Розраховується як відношення капітальних витрат на придбання вдосконаленого комплекту лап до отриманого прибутку за цикл роботи.

$$T_{ok} = \frac{n \cdot (C_v - C_b)}{\mathrm{K_{inv}}\ (Q/R_v)} = \frac{8\ 100}{43\ 050(800/750)} = 0,18\ сезону$$

Таблиця 5.2 — Результати розрахунків економічної ефективності

Показник	**Значення**
Витрати на придбання лап для вдосконаленого варіанту	21,750 грн/рік
Сумарний річний економічний ефект	43,050 грн/рік
Капітальні витрати на переоснащення агрегату	8,100 грн
Термін окупності витрат на модернізацію	0,18 сезону

На основі проведених розрахунків можна стверджувати, що впровадження вдосконалених робочих органів із зносостійкою наплавкою та технологічною канавкою забезпечує значний економічний ефект. Попри вищу вартість однієї вдосконаленої лапи (750 грн проти 450 грн у базовому варіанті), загальні витрати на утримання агрегату суттєво знижуються завдяки кратності збільшення ресурсу та економії палива.

Табл. 5.3 – Техніко-економічні показники ефективності модернізації

Показник	**Одиниця виміру**	**Базовий варіант**	**Вдосконалений варіант**
Експлуатаційний ресурс однієї лапи	га	150	750
Річна потребаа у запасах лапах	шт.	144	29

Річні витрати на придбання робочих органів	грн	64 800	21 750
Сумарний річний економічний ефект	грн	–	43 050
Термін окупності модернізації	сезон	–	0,18

Висновок: Розрахунки підтверджують доцільність інвестицій у модернізацію робочих органів КРН-5,6. Отриманий економічний ефект у сумі 43 050 грн на рік та надзвичайно короткий термін окупності (менше ніж за 15 % робочого сезону) роблять дану технологію зміцнення високоефективною для впровадження в господарствах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. ТОВ «Топаз» (село Шевченкове Синельниківського району Дніпропетровської області) є збалансованим, технологічно оснащеним та сучасним агропромисловим підприємством, що демонструє сталий розвиток у межах регіону. Спеціалізуючись на вирощуванні зернових, бобових та олійних культур (озима пшениця, соняшник, кукурудза, ріпак) на земельному банку площею 436 гектарів, господарство базується на науково обґрунтованій сівозміні. Підприємство має високий рівень автономності виробничих процесів завдяки власній розвиненій інфраструктурі, що включає ремонтну базу з верстатним обладнанням для оперативного обслуговування техніки та організовану систему складської логістики, мінімізуючи простої під час критичних польових фаз.

2. Поверхневий обробіток є фундаментальним агротехнічним заходом для оптимізації структури, аерації та гідрологічного режиму верхнього горизонту ґрунту (до 14–16 см), а також елімінації бур'янів. Аналіз існуючих технологій (лущення, боронування, шлейфування, коткування та культивації) показав, що ефективність роботи серійних міжрядних культиваторів (КРН-4,2, КРН-5,6, КОН-2,8) критично залежить від типу, щільності, рельєфу та вологості ґрунту. Було встановлено суворі агротехнічні вимоги до міжрядної культивації, зокрема необхідність 100% підрізання бур'янів та витримання точної захисної зони рядка (±2 см). Патентний пошук підтвердив, що провідним інноваційним напрямком підвищення енергоефективності є модернізація геометрії та зносостійкості робочих органів (стрілчастих лап).

3. На основі аналізу конструктивних недоліків серійних машин обґрунтовано доцільність модернізації культиватора КРН-5,6 шляхом інтеграції інноваційних робочих органів. Запропоновано конструкцію вдосконаленої стрілчастої лапи, оснащеної ріжучою кромкою із високоміцною зносостійкою наплавкою, тильною технологічною канавкою

та спеціально сформованим під кутом валиком на робочій поверхні. Таке архітектурне виконання забезпечує оптимальний розподіл зусиль, інтенсивне кришіння ґрунтових брил із формуванням дрібнокомкуватої структури та суттєве зниження тягового опору агрегату. Інженерні розрахунки підтвердили стабільність ходу лапи (вертикальна сила притискання P_y = 637 Н) при сумарному навантаженні на раму R_{total} = 20,5 кН та потужності процесу N_p = 50,43 кВт.

4. Експлуатація модернізованого культиватора КРН-5,6 вимагає жорсткого дотримання вимог Закону України «Про охорону праці» для нейтралізації шкідливих виробничих чинників: шуму, вібрації, рухомих частин машин та запиленості. Особливу увагу приділено безпеці під час юстування секцій робочих органів та заміни елементів, що мають виконуватися виключно при заглибленому в ґрунт або встановленому на надійні механічні фіксатори агрегаті. Оскільки вдосконалений культиватор може оснащуватися туковисівними апаратами для мінеральних добрив, регламентовано обов'язкове використання засобів індивідуального захисту (респіраторів, окулярів, рукавиць) та механізованого завантаження хімречовин для збереження здоров'я механізатора.

5. Розрахунки техніко-економічної ефективності підтвердили високу доцільність модернізації агрегату КРН-5,6 на річний обсяг робіт 800 га. Попри збільшення вартості однієї вдосконаленої лапи (750 грн порівняно з 450 грн у базовому варіанті), її експлуатаційний ресурс зріс у 5 разів — зі 150 га до 750 га. Це суттєво знижує річну потребу в запасних частинах і витрати на утримання техніки. При капітальних витратах на переоснащення в розмірі 8 100 грн, сумарний річний економічний ефект становить 43 050 грн/рік, а термін окупності інвестицій є надзвичайно коротким і складає всього 0,18 робочого сезону.

Список літератури:

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. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Ч.1 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. − К. : Аграрна освіта, 2010. – 282 с.
3. 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.; іл
4. Ґрунтознавство: навч. посібник / А.А. Юрченко, І.Г. Миронова ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2022. – 225 с.
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; За ред. С. С. Яцуна. — К.: Мета, 2003. — 448 с.: іл
6. Практикум із землеробства: Навч. посібник /М.С Кравченко. О.М. Царенко. Ю.Г Міщенко та ін. За ред. М.С Кравченко і З.М Томашівського, - К.:Мета. 2003. – 320 с., іл.
7. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Богатирьов Д.В. – Х.: Мачулін, 2016. – 244 с.: іл.
8. Пришляк В.М., Ковальчук О.В., Яропуд В.М.. Сільськогосподарські машини. Машини для обробітку ґрунту, посіву, догляду за рослинами. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами факультету механізації сільського господарства напряму підготовки 6.050503 ”Обладнання переробних та харчових виробництв” денної форми навчання. – Вінниця: ВНАУ, 2014. – 76 с
9. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Молодший бакалавр» початкового рівня

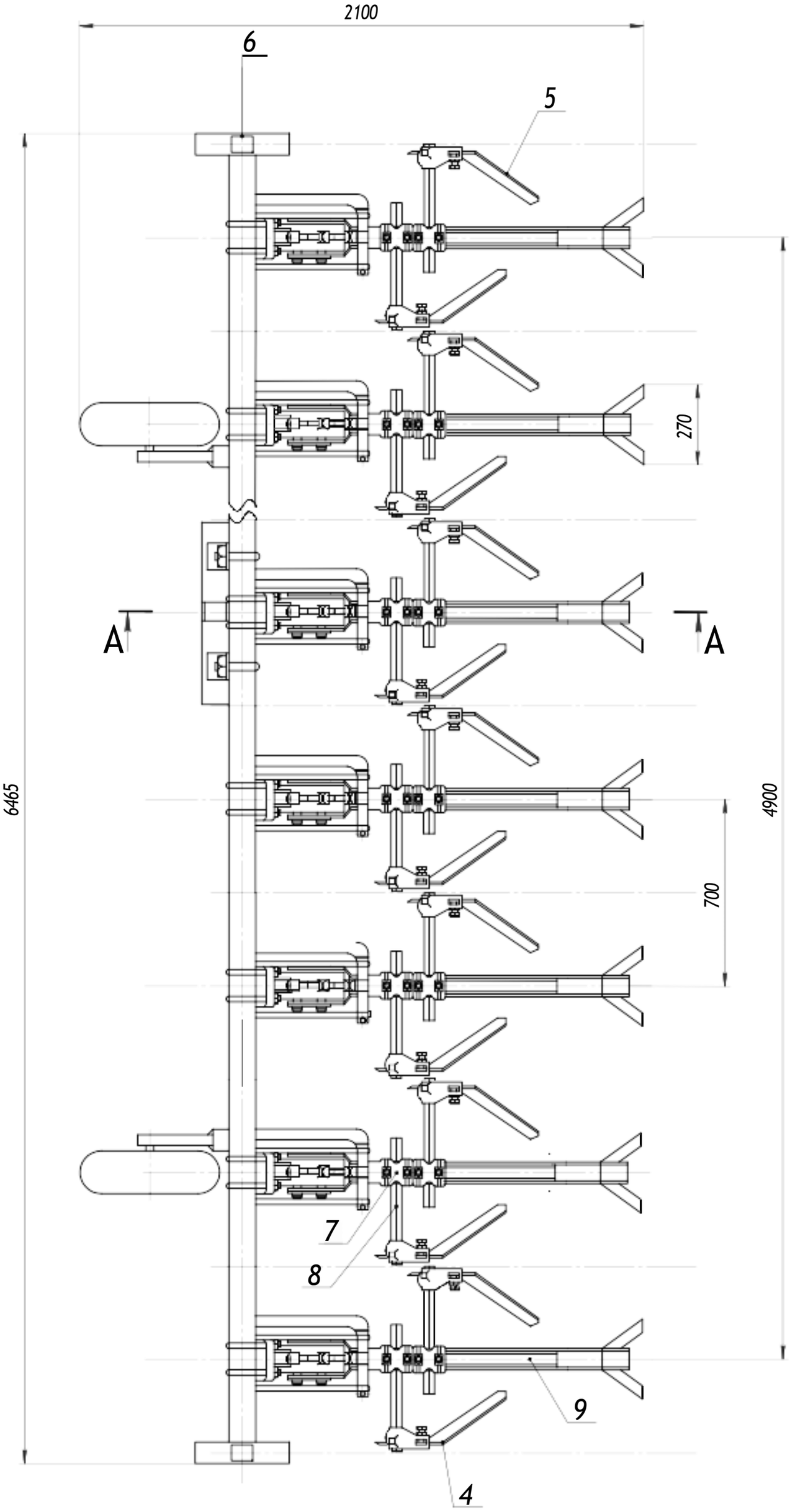
(короткий цикл) спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання

10. Сільськогосподарські машини: Навчально-методичний посібник для самостійної роботи та лабораторно-практичних занять за кредитно-модульною системою організації навчального процесу для студентів агрономічного факультету / М.М. Сенчук, М.І. Трегуб, В.А. Демещук.– Біла Церква, 2010.– 343 с.
11. Культиватор міжрядний BEDNAR ROW-MASTER RN_PROFI : технічний проспект виробника. Bednar FMT, 2024. 24 с.
12. Культиватор HORSCH Transformer VF : технічний каталог продукції. HORSCH Maschinen GmbH, 2023. 12 с.
13. Дослідження деформаційного зміцнення робочих поверхонь грунтообробних машин гідроімпульсним навантаженнм. : дис. д-ра філософії : 132, 13 / Вінницький національний аграрний університет. Вінниця, 2026, / Телятник І. А – 189 с.
14. Обгрунтування кута нахилу направляючої поверхні культиваторної лапи з елементами локального зміцнення, Пугач А.М – 5 с.
15. Наукове забепечення працездатності та прогнозування надійності грунтообробних агрегатів з коливальними робочими органами: дис. … д-ра техн. наук: 2019, Харків / Афрьомов О.І – 451 с.
16. Інтегроване комплексне геометричне моделювання ґрунтообробних знарядь: дис, … д-ра техн. наук: 05.01.01. Київ, 2024 / Яблонський П.М – 424 с.
17. Основи охорони праці: Підручн. для проф – техн. навч. закладів – 2-ге вид. допов. Перероб. – К: Вікторія, 2001 /Винокурова Л.Е., Васильчук М. В., Гаман М. В. – 192 с.
18. Основи охорони праці: піідручник / В.І. Голінько, М-во совіти і науки України, Нац. Гірн. Ун-т – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014 – 271 с.
19. Організаційно-економічний механізм зростання конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств: автореф. дис, … канд. Екон.наук :

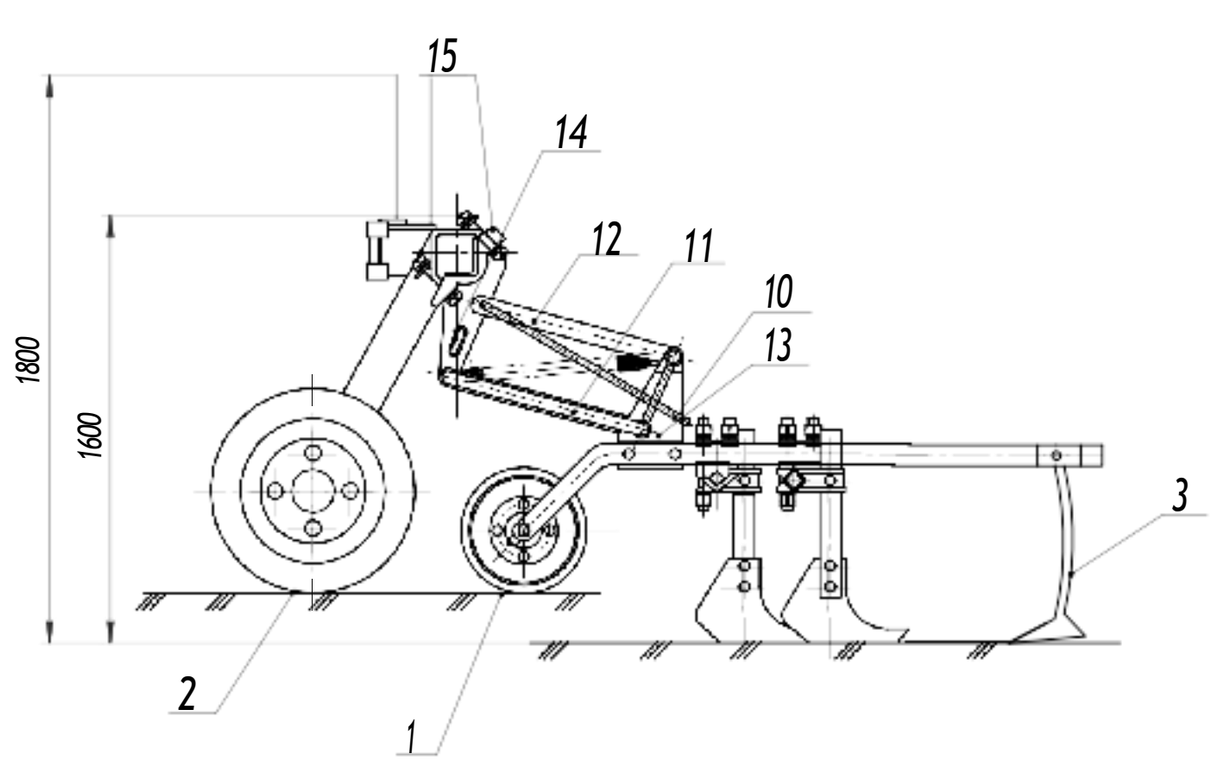
08.00.04. Мелітополь, 2017. /Судомир М.Р –20 с.

20. Енергетичний менеджмент логістичної системи виробництва і збуту насіння соняшника в сількогосподарських підприємствах: автореф. дис. … канд. екон. Наук: 08.00.04. Мелітополь, 2017 /Захарченко О.Г – 20 с.

ДОДАТКИ



A-A



Технічна характеристика

1. Продуктивністьза одну годину експлуатаційного часу, га	3,87
2. Робоча ширина захвату, м	5,6
3. Робоча швидкість, км/год	7,6
4. Габаритні розміри, мм	
ширина	6465
довжина	2100
висота	2000

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	52ДП. 125. 000
Разраб.		Литвиненко			Культиватор КРН - 5,6М
Пров.		Кобець О.М			
Т.контр.					
Н.контр.		Лепеть Є.І			Вид загальний
Утв.		Теслюк Г.В			

Лит.	Масса	Масштаб
		1:10
Лист 1	Листов 1	

ДДАЕУ

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

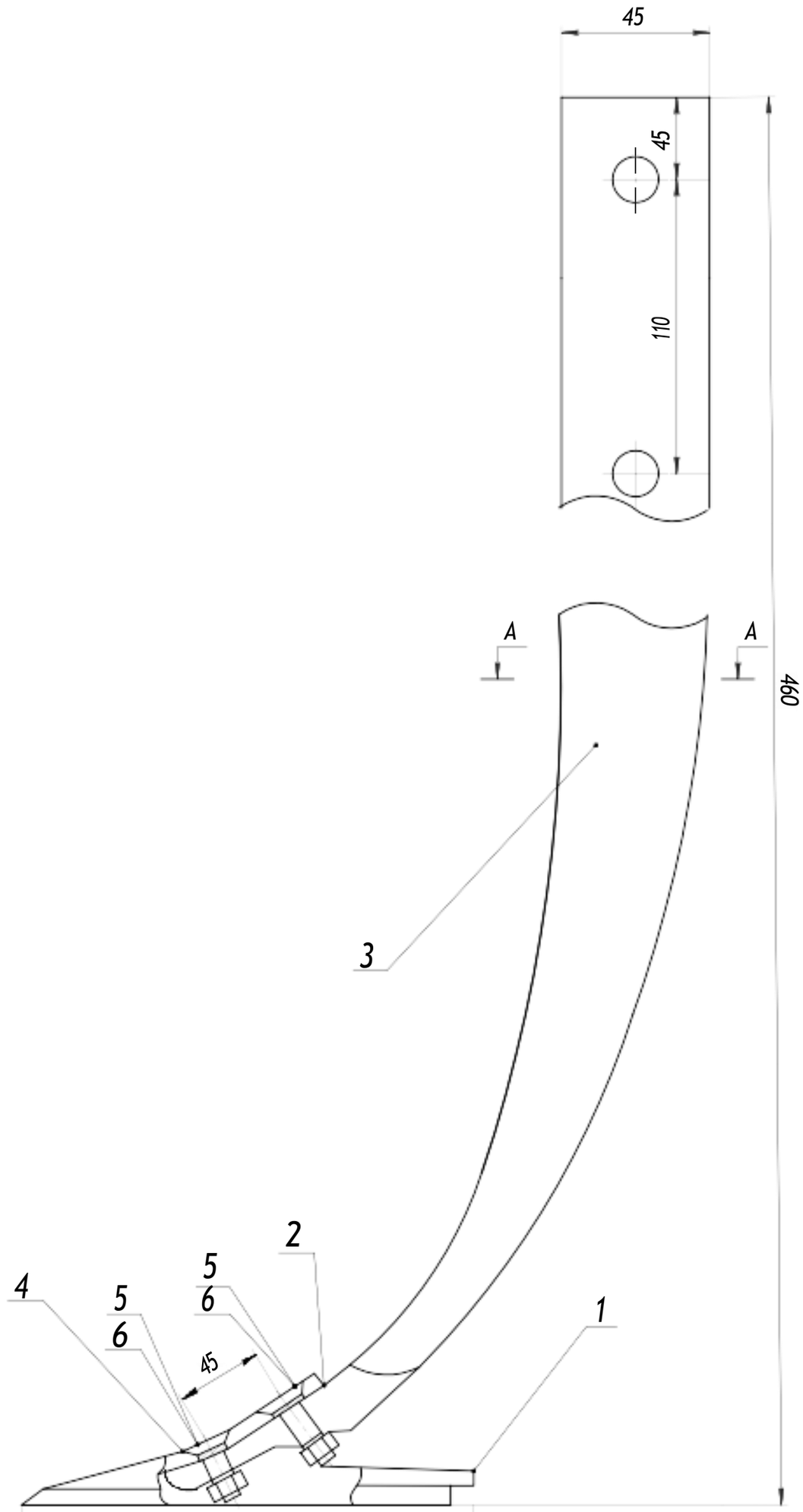
Взам. инв. №

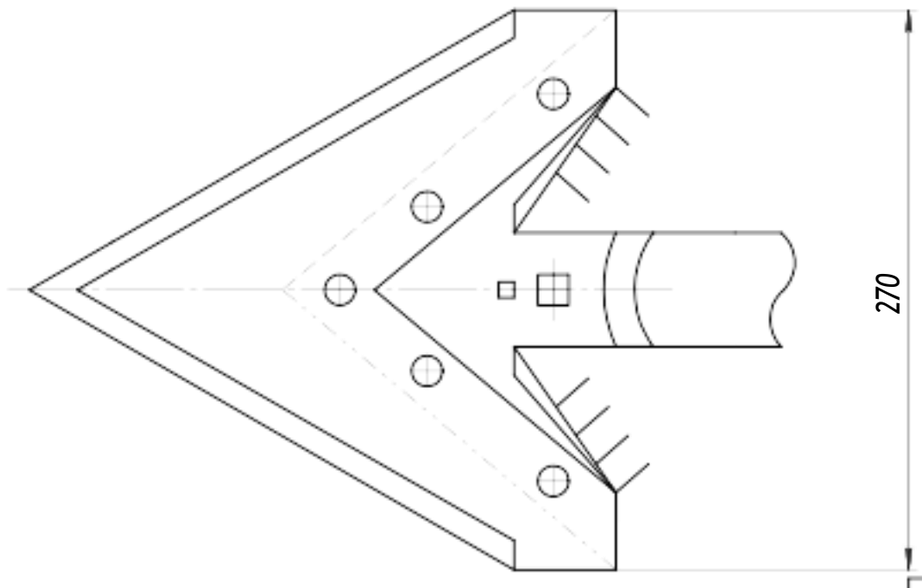
Подп. и дата

Инв. № подл.

52ДП. 125. 000







Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	52ДП. 125. 000			
Разраб.		Литвиненко			Робочий орган	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Кобець О.М						
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.		Лепеть Є.І			Складальне креслення	ДДАЕУ		
Утв.		Теслюк Г.В						

Копировал

Формат А1

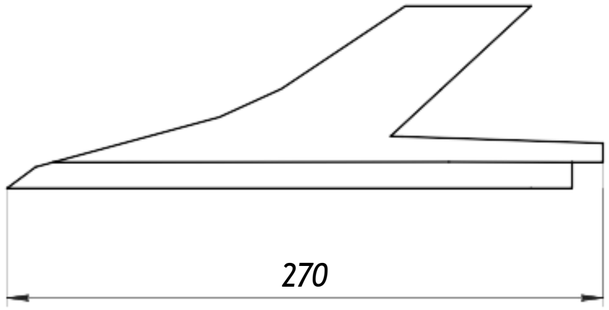
Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А4			52ДП.125.000.ВЗ	Вид загальний		
				Складальні одиниці		
		1	52ДП.125.001	Колесо копіююче		
		2	52ДП.125.002	Колесо несуче		
		3	52ДП.125.003	Лапа стрільчаста		
		4	52ДП.125.004	Лапа бритва (ліва)		
		5	52ДП.125.005	Лапа бритва (права)		
		6	52КП.125.006	Тримач робочого органу (задній)		
		7	52ДП.125.007	Тримач робочого органу (боковий правий)		
		8	52ДП.125.008	Тримач робочого органу (боковий лівий)		
				Деталі		
		9	52ДП.125.009	Брус		
		10	52ДП.125.010	Призма		
		11	52ДП.125.011	Стрижень		
		12	52ДП.125.012	Грядиль		
		13	52ДП.125.013	Стяжка		
		14	52ДП.125.014	Ланка паралелограмного механізму нижня		
		15	52ДП.125.015	Ланка паралелограмного механізму верхня		
		16	52ДП.125.016	Кронштейн передній		
		17	52ДП.125.017	Кронштейн задній		
		18	52ДП.125.018	Скоба		

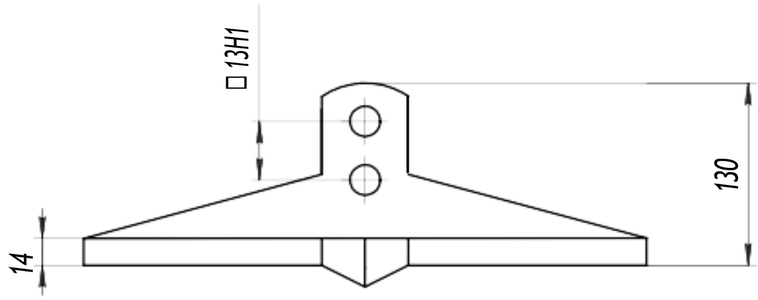
					52ДП.125.000
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	
Розробив	Литвиненко П.П			Культиватор КРН-5,6М Загальний вид	Літ. / Лист 1 / Листів 1
Перевірив	Кобець О.М.				
Консультант					ДДАЕУ
Н. контр.	Лепеть Є.І				
Затвердив	Теслюк Г.В.				

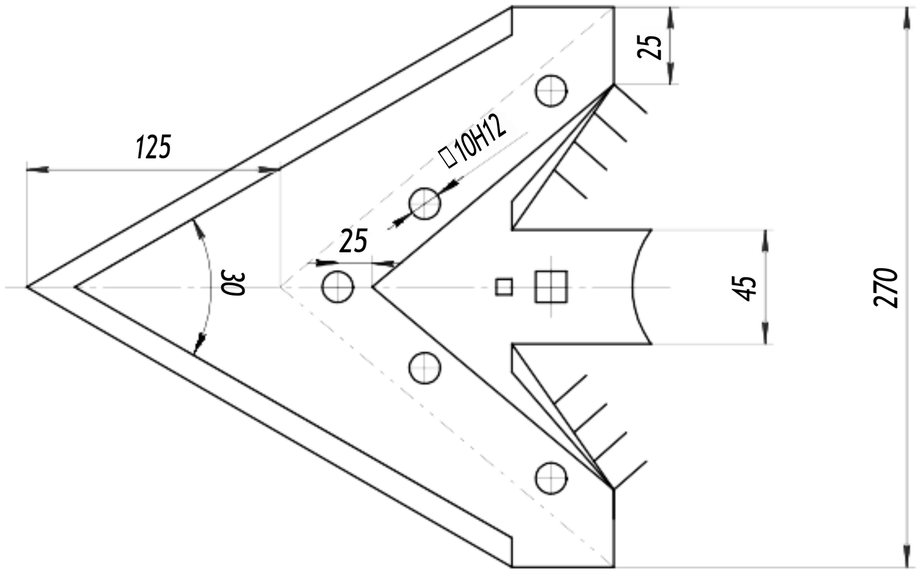
Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
A1			52ДП.125.000.ВЗ	Робочий орган		
				Складальні одиниці		
		1	52ДП.125.001	Боковий ніж (крило)	2	
		2	52ДП.125.002	Підсилювальна пластина	1	
		3	52ДП.125.003	Стійка культиватора	1	
		4	52ДП.125.004	З'єднувальні елементи	2	
				Стандартні вироби		
		5		Болт ГОСТ 7786-82	2	
				М10-6gх45.88.019		
		6		Гайка ГОСТ 5915-70		
				М10-6Н.6.0.19	1	

					52ДП.125.000		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив		Литвиненко			Робочий орган Складальне креслення	Літ.	Лист 1 / Листів 1
Перевірив		Кобець О.М.					
Консультант						ДДАЕУ	
Н. контр.		Лепеть Є.І					
Затвердив		Теслюк Г.В.					

52ДП. 125Ю 000







1. Твердість металу 48-55 HRC
2. Радіус скруглень 4 мм

					52ДП. 125Ю 000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лапа культиватора	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Литвиненко П.П						1:1,4
Пров.		Кобець О.М				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Лепеть Є.І			Сталь 3 ГОСТ 9466	ДДАЕУ	
Утв.		Теслюк Г.В					

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

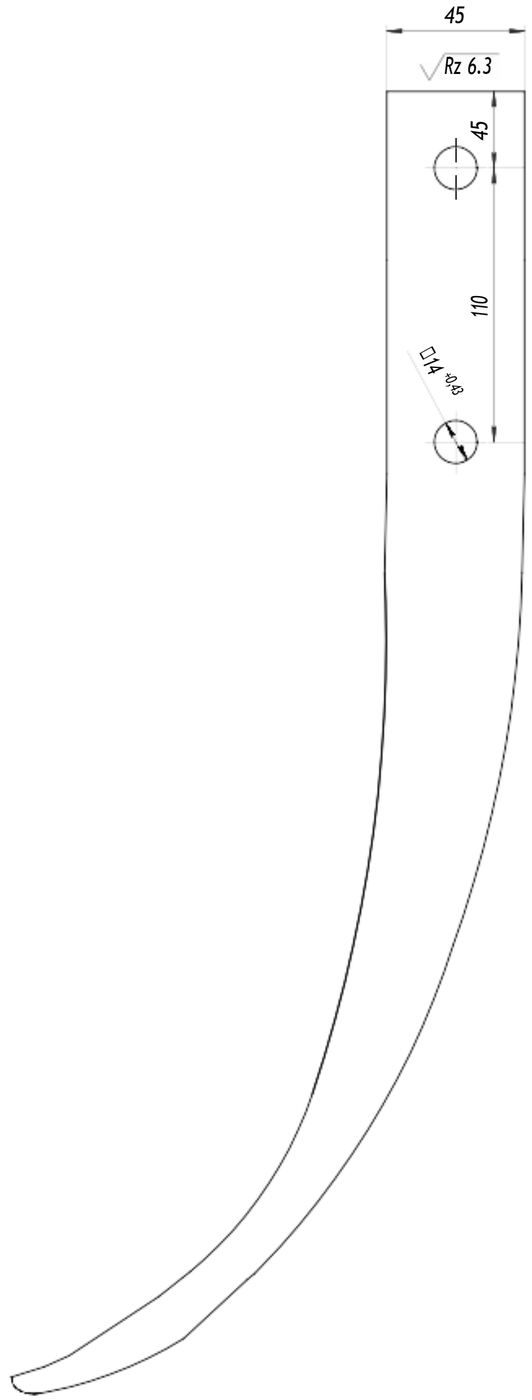
Инв. № дубл.

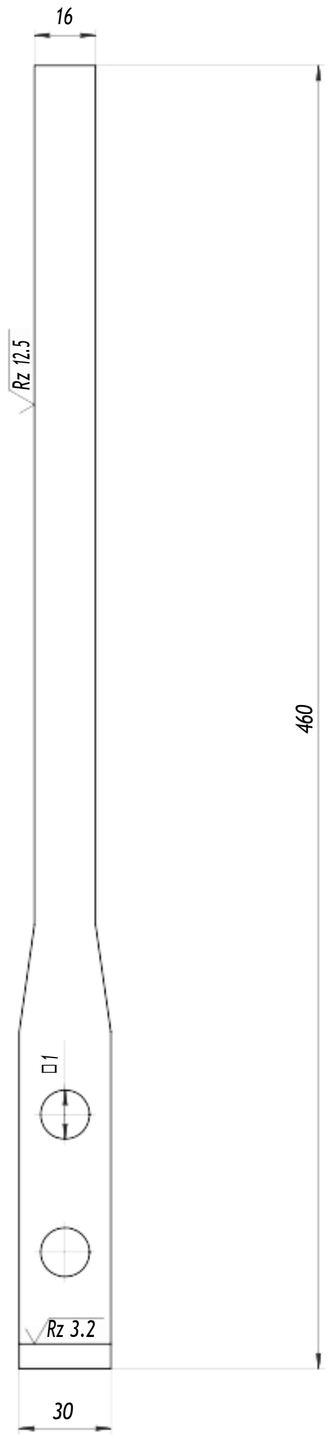
Взам. инв. №

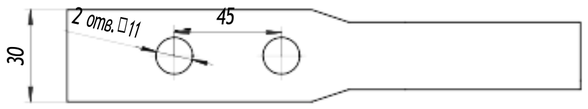
Подп. и дата

Инв. № подл.

52ДП. 125. 000







1. Твердість основного металу 38 45 HRC
2. Радіуси скруглень 4 мм мах

				52ДП. 125. 000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стійка	Лит. / Масса / Масштаб: 1:1
Разраб.		Литвиненко П.П				
Пров.		Кобець О.М				Лист / Листов: 1
Т.контр.						
Н.контр.		Лепеть Є.І			Сталь 45 ДСТУ 7809	ДДАЕУ
Утв.		Теслюк Г.В				

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

52ДП. 125. 000

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Литвиненко П.П		
Пров.		Кобець О.М		
Т.контр.				
Н.контр.		Лепеть Є.І		
Утв.		Теслюк Г.В		

52ДП. 125. 000

Пластина

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1

Лист	Листов 1

Ст 65 ГОСТ 14959

ДДАЕУ

Копировал

Формат А4

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Удосконалення механізації міжрядного обробітку ґрунту з модернізацією культиватора КРН-5,6

Виконав: студент 3 курс

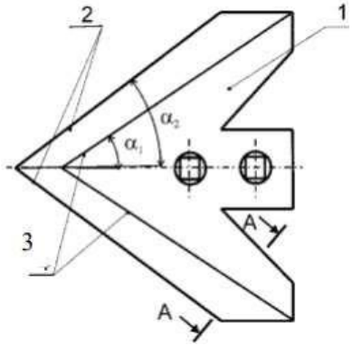
Литвиненко Петро Петрович

Керівник: доцент

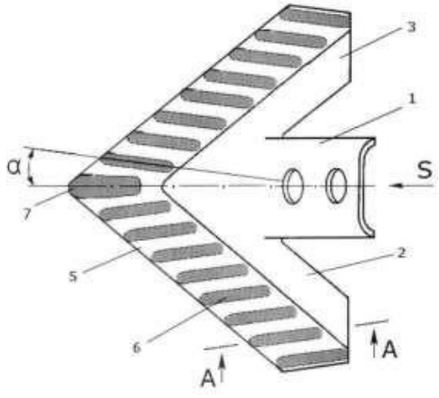
Кобець Олександр Миколайович

Дніпро-2026

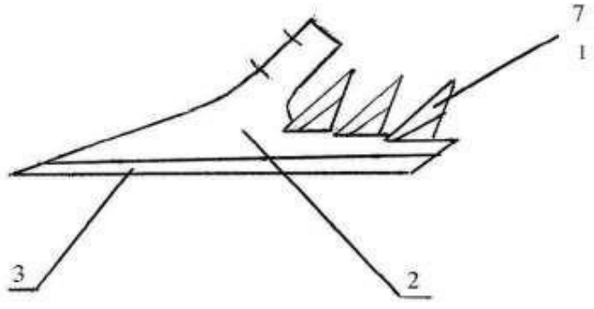
Патентний аналіз



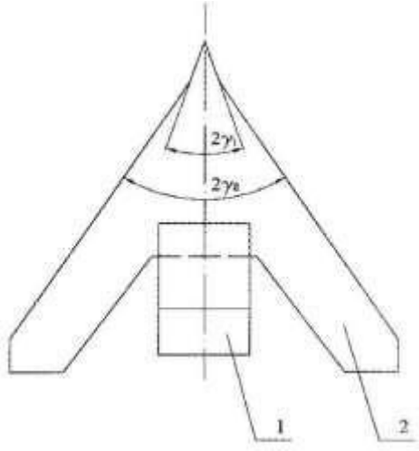
Патент RU2216138C2



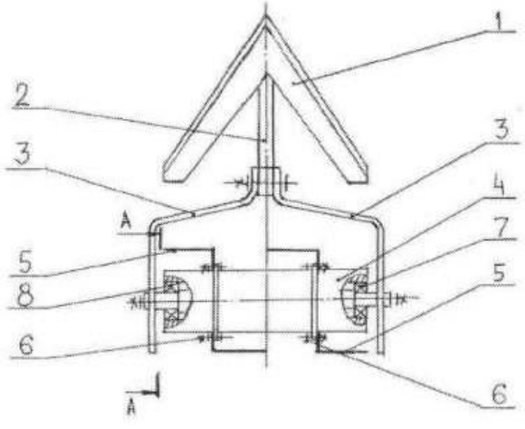
Патент RU154852U1



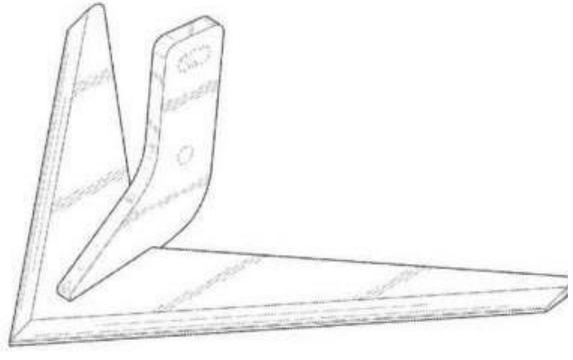
Патент RU930200U1



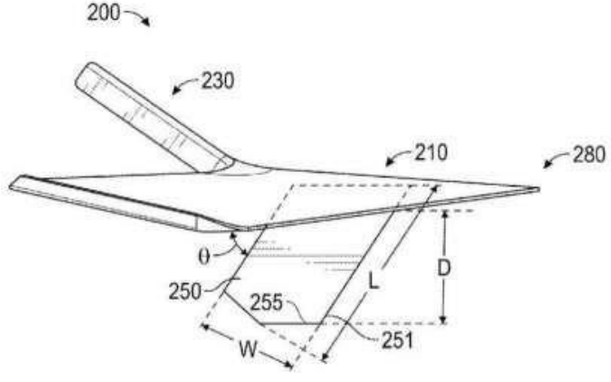
Патент UA71315A



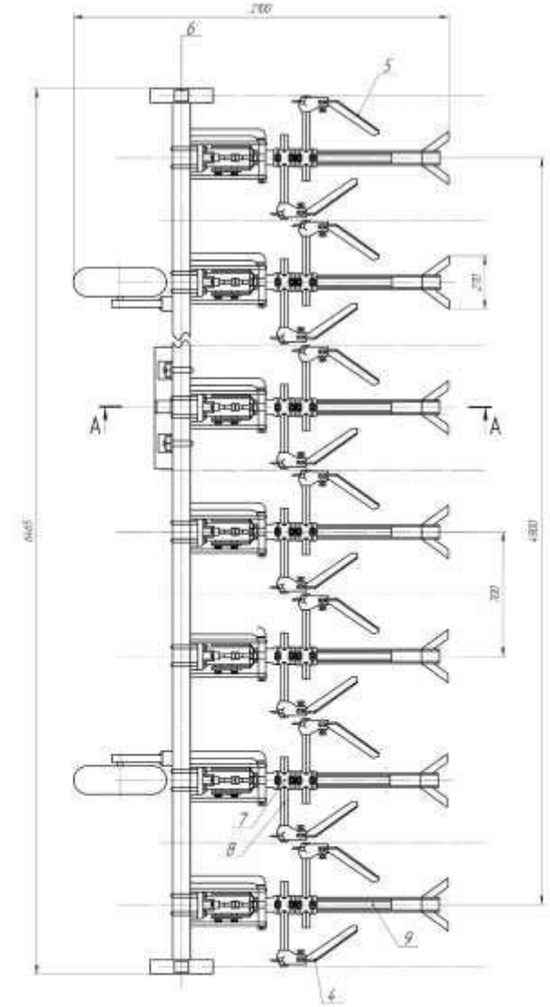
Патент UA146531U

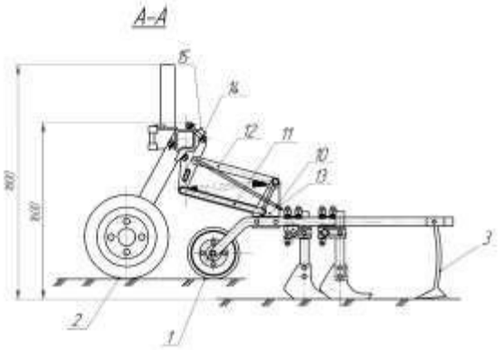


Патент USD1055115S



Патент US10568252B2



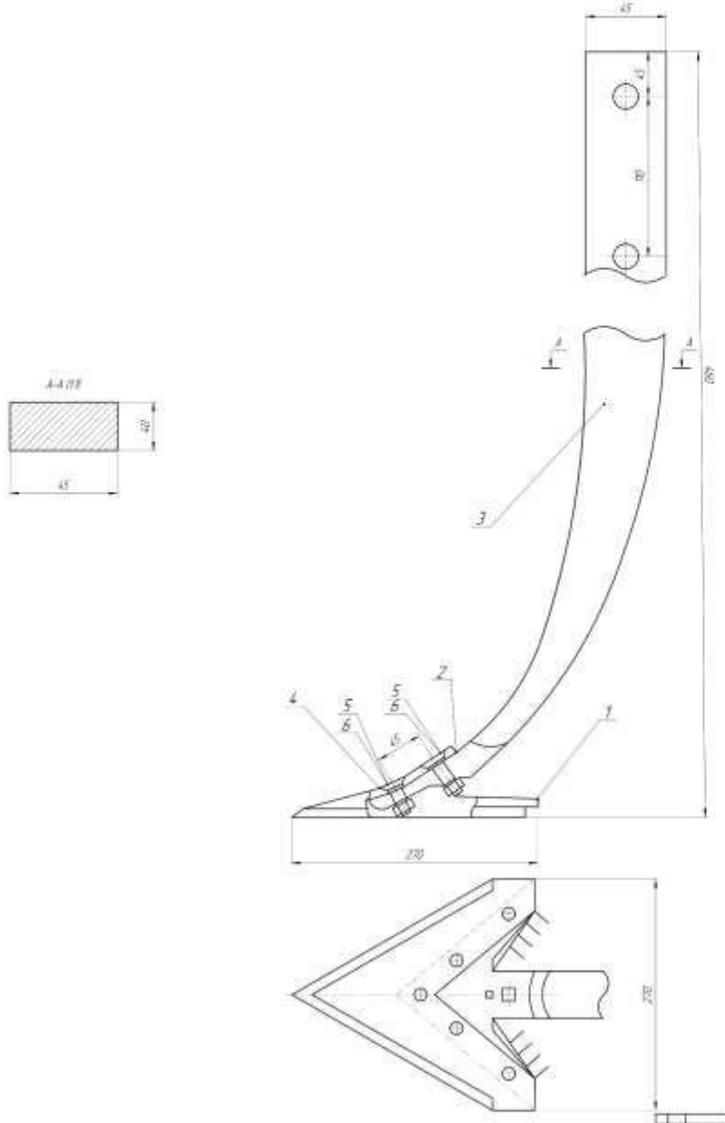


Технічна характеристика

1. Продуктивність за одну годину експлуатаційного часу, га/год	3,87
2. Робоча ширина захвату, м	5,6
3. Робоча швидкість, км/год	16
4. Габаритні розміри, мм	
ширина	6465
довжина	2700
висота	2000

				5281.125.000	
Розроб.	Зубенко			Культиватор КРН – 5,6М	Літ. / Маса / Масштаб
Пров.	Зубенко				1:10
Н. контр.				Вид загальний	Аркуш / Аркушів
Затв.					1 / 1

5281.125.000



Розроб.				52.01.125.000	
Перевір.				Робочий орган	Літ.	Маса	Масштаб
Н. контр.							
Затверд.				Складальне креслення	ДІПАЕУ

52ДП. 12510 000

1. Твердість металу 48–55 HRC
2. Радіус скруглень 4 мм

						52ДП. 12510 000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Литвиненко ПП			Лапа культиватора	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Кодець ОМ						1:1,4
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.		Ленець СІ			Сталь 3 ГОСТ 9466	ДДАЕУ		
Утв.		Теслюк ГВ						
Копировал						Формат А2		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

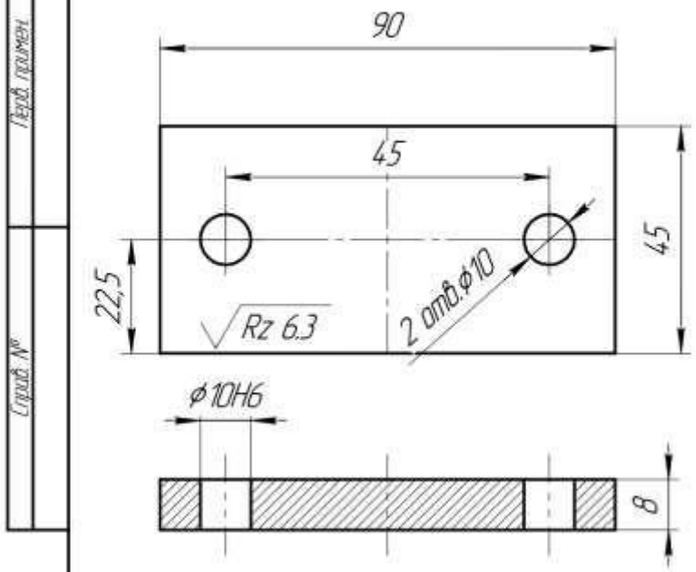
Инв. № дубл.

52ДП 125 000

1. Твердість основного металу 38...45 HRC
2. Радіуси скруглень 4 мм max

						52ДП. 125. 000	
Змін.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.		Хайбулаєв ПМ			Стійка	Літ.	Маса	Масштаб
Пров.		Хайбулаєв ПМ						1:1
Т.контр.						Аркуш	Аркушів
Н.контр.		Лукаш. СС			Сталь 45 ДСТУ 7809	ДДАЕУ	
Затв.		Іскович ГВ					

Копіював Формат А1



52ДП. 125. 000

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Литвиненко ПП		
Пров.		Кобець ОМ		
Т.контр.				
Н.контр.		Лепеть ЕЛ		
Утв.		Теслюк ГВ		

Пластина

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Ст 65 ГОСТ 14959

ДДАЕУ

Копировал

Формат А4

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Показник	Базовий КРН-5,6	Вдосконалений КРН-5,6	Результат
Вартість однієї лапи, грн	450	750	–
Експлуатаціний ресурс одніє лапи, га	150	750	Збільшено у 5 разів
Річна потреба у лапах, шт/рік	144	29	Економія: 115 шт.
Річні витрати на придбання лап, грн/рік	64 800	21 750	Економія: 43 050
Капітальні витрати на переоснащення, грн	–	–	8100
Сумарний річний економічний ефект, грн/рік	–	–	43 050
Термін окупності витрати на модернізацію, сезон	–	–	0,18 (менше 15 % сезону)

Дякую за увагу! Доповідь закінчено