ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

освітнього ступеня «Бакалавр» на тему:

Удосконалення механізації поверхневого обробітку грунту з модернізацією культиватора КПС-4

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

___Логвиненко Владислав Юрійович_____

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

Логвиненко Владиславу Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації поверхневого обробітку грунту з модернізацією культиватора КПС-4
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 суцільного 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 _____ Логвиненко В.Ю.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кобець О.М.

(підпис) (прізвище та ініціали)

Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
А4		1	52ДП.121.000000.ПЗ	Пояснювальна записка		
				Графічні матеріали:		
		2	52ДП.121.000002	Огляд існуючих конструкцій		
		3	52ДП.121.000003	Загальний вигляд машини		
		4	52ДП.121.000004	Складальне креслення вузла		
		5	52ДП.121.000005	Деталювання		
		6	52ДП.121.000006	Економічні показники		
		7	52ДП.121.000007	Висновки		

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	52ДП. 121. 000000. ПЗ			
Розробив		Логвиненко В.Ю			Відомість дипломного проекту	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Кобець О.М.						
Консультант						ДДАЕУ		
Н. контр.		Лепеть Є.І						
Затвердив		Теслюк Г.В						

АНОТАЦІЯ

Логвиненко В.Ю. Удосконалення механізації поверхневого обробітку грунту з модернізацією культиватора КПС-4/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

Дипломний проект складається з розрахунково-пояснювальної записки. Розрахунково-пояснювальна записка містить сторінки друкованого тексту, таблиці, рисунки, літературні джерела.

Мета дипломного проекту полягає у підвищенні ефективності та якості поверхневого обробітку ґрунту в умовах посушливого Степу шляхом удосконалення конструкції та підвищення зносостійкості робочих органів серійного культиватора КПС-4.

Перший розділ присвячено комплексному аналізу господарської діяльності базового агропідприємства.

Другий розділ містить аналітичний огляд наявних технічних засобів та аналогів.

Третій розділ обґрунтовує запропоновану технологію та конструктивні зміни робочого органу.

Четвертий розділ визначає комплекс заходів із безпеки праці під час експлуатації.

П'ятий розділ відображає розрахунок економічного ефекту від реалізації проєкту

Ключові слова: КУЛЬТИВАЦІЯ, КУЛЬТИВАТОР КПС-4, СТРІЛЬЧАСТА ЛАПА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ЗНОСОСТІЙКЕ НАПЛАВЛЕННЯ, САМОЗАГОСТРЕННЯ, ТЯГОВИЙ ОПІР, АГРОІНЖЕНЕРІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА 10
   1.1 Загальна характеристика підприємства 10
   1.2 Виробнича база та структура посівних площ 11
   1.3 Кадрове та технічне забезпечення 11
   Висновки 15
2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ 16
   2.1 Аналіз існуючих способів і технологій поверхневого обробітку ґрунту 16
   2.2 Агротехнічні вимоги до проведення суцільної культивації 18
   2.3 Фізично-механічні і технологічні властивості ґрунту 20
   2.4 Аналіз існуючих засобів механізації суцільної культивації 25
   Висновки 42
3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ 44
   3.1 Обґрунтування схеми вдосконалення 44
   3.2 Обґрунтування значення кута розхилу стрілчастої лапи 47
   3.3 Визначення розміщення робочих органів на культиваторі 50
   3.4 Аналіз механізмів підвіски лап до рами культиватора 55
   3.5 Фізика взаємодії та тяговий опір 57
   3.6 Тягово-експлуатаційний розрахунок машинно-тракторного агрегату 60
   Висновки 61
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНОГО СЕРЕДОВИЩА 62
   4.1 Правила безпеки та організація охорони праці на підприємстві 62
   4.2 Правила безпеки при роботі з удосконаленим культиватором КПС-4М 63

4.3 Оцінка впливу розробленого технологічного процесу на навколишнє середовище 65
Висновки 65
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ 66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 68
ЛІТЕРАТУРА 70

ВСТУП

Сучасний етап розвитку агропромислового комплексу України, зокрема в регіонах з ризикованим і посушливим землеробством, вимагає широкого впровадження вологота енергозберігаючих технологій обробітку ґрунту. Поверхневий (паровий та передпосівний) обробіток є однією з найбільш відповідальних технологічних операцій у рослинництві, оскільки від якості його виконання безпосередньо залежать процеси збереження ґрунтової вологи, ефективне знищення бур'янів та створення оптимального ложа для насіння соняшнику, ріпаку та озимих культур. У зв'язку з вимушеною повномасштабною переорієнтацією багатьох господарств південного Степу України (зокрема, СТОВ «Перше травня» Бериславського району Херсонської області) виключно на галузь рослинництва з великими площами землекористування, навантаження на наявний машинно-тракторний парк суттєво зросло.

Водночас матеріально-технічна база підприємств часто представлена сумішшю застарілих серійних машин, таких як культиватори КПС-4, які працюють у зчіпках із тракторами класу 1,4 (МТЗ-82). Експлуатація стандартних робочих органів у цих умовах супроводжується їх швидким абразивним зношуванням, втратою ріжучої здатності, частим технологічним обволіканням рослинними рештками, збільшенням питомого тягового опору та підвищеною витратою палива, що сумарно обмежує робочу швидкість і порушує агротехнічні строки.

З огляду на це, науково обґрунтоване конструктивне вдосконалення елементів машинно-тракторних агрегатів, спрямоване на підвищення зносостійкості робочих органів та оптимізацію їх геометричних і розрахункових параметрів під конкретні типи ґрунтів, є актуальною науково-практичною задачею агроінженерії, яка має вагоме народногосподарське значення. Мета дипломної роботи — підвищення ефективності та якості процесу механізації поверхневого обробітку ґрунту шляхом конструктивно-технологічної модернізації стрільчастих лап культиватора КПС-4, яка

забезпечує зниження енергоємності процесу та збільшення експлуатаційного ресурсу робочих органів. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: Виконати аналіз виробничої діяльності базового господарства та існуючих технологій і технічних засобів для поверхневого обробітку ґрунту.

Обґрунтувати конструктивно-технологічне рішення щодо підвищення довговічності ріжучих елементів культиватора за рахунок нанесення спеціального зносостійкого наплавлення. Теоретично розрахувати та оптимізувати геометричні параметри стрільчастої лапи та схему їх просторового розміщення на рамі знаряддя.

Виконати повний тягово-експлуатаційний та енергетичний розрахунок машинно-тракторного агрегату у складі трактора МТЗ-82 та модернізованого культиватора КПС-4 в умовах стерньового фону. Розробити заходи з охорони праці, техніки безпеки та екологічної безпеки при використанні проектованого агрегату. Оцінити економічну ефективність та доцільність впровадження розробленого інженерного рішення у виробництво.

Об’єкт дослідження — технологічний процес поверхневого обробітку ґрунту машинно-тракторним агрегатом у складі трактора класу 1,4 та парового культиватора в умовах посушливого Степу.

Предмет дослідження — закономірності взаємодії модернізованих стрільчастих лап із наплавленим зносостійким шаром із ґрунтовим середовищем, їх геометричні, конструктивні та тягово-експлуатаційні параметри

1. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальна характеристика підприємства

Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю (СТОВ) «Перше травня» було засновано у 2000 році як диверсифіковане аграрне підприємство, що поєднувало рослинництво та тваринництво. Розташоване в агрокліматичній зоні південного Степу України, у смт Велика Олександрівка, Бериславського району, Херсонської області, господарство працює в умовах, що вимагають особливої уваги до технологій збереження ґрунтової вологи та боротьби з ерозією. У довоєнний період підприємство успішно розвивало тваринницький напрям, утримуючи поголів'я свиней до 1500 голів. Однак, пріоритетним завжди залишалося рослинництво.



Рис. 1.1 Місце розташування підприємства на карті

Значним випробуванням для підприємства стало повномасштабне вторгнення, яке завдало колосальної шкоди його виробничій інфраструктурі. У період з 10 березня по 4 жовтня 2022 року, під час бойових дій на території смт Велика Олександрівка та села Твердомедове, де розміщувалися елеватор та автотранспортний парк, було повністю знищено ангар, будівлю для утримання поголів'я свиней, що призвело до повної ліквідації тваринницької галузі. Окрім того, підприємство зазнало значних втрат у машинно-тракторному парку.

Внаслідок цих подій, діяльність СТОВ «Перше травня» була повністю переорієнтовано виключно на рослинництво.

1.2 Виробнича база та структура посівних площ

Незважаючи на втрати, підприємство продемонструвало високу стійкість та здатність до відновлення, зосередивши поточну діяльність на вирощуванні економічно вигідних культур. Ефективність виробництва забезпечується раціональною структурою посівних площ, яка відповідає як ринковим потребам, так і технологічним вимогам агрокліматичній зони. Наразі значні площі відведено під озиму, соняшник, ріпак та табл. 1.1. Це дозволяє мінімізувати виробничі ризики та забезпечити стабільний економічний результат.

Табл. 1.1 Структура посівних площ СТОВ «Перше травня»

Культура	**Посівна площа, га**
Озима	900
Соняшник	750
Ріпак	400
Всього	2050

1.3 Кадрове та технічне забезпечення

Ефективна діяльність підприємства забезпечується злагодженою роботою управлінського, інженерно-технічного та виробничого персоналу. Штатний розпис включає: директора, головного інженера, відповідального за охорону праці, бригадира, двох агрономів, а також десятьох кваліфікованих трактористів-комбайнерів. Їхня подвійна спеціалізація дозволяє гнучко використовувати робочу силу, а здатність виконувати поточні ремонтні роботи є критично важливою для мінімізації простоїв.

Табл. 1.2 Штатний розпис підприємства

Посада	**Кількість, осіб**
Директор	1
Головний інженер	1
Головний бухгалтер	1
Бухгалтер	4
Агроном	2
Бригадир	1
Відповідальний за охорону праці	1
Трактористи-комбайнери	10

Ефективність діяльності підприємства забезпечується злагодженою роботою управлінського та виробничого персоналу, а також наявністю власної ремонтної та матеріально-технічної бази. Відновлювальні роботи, технічне обслуговування та поточний ремонт виконуються силами власного персоналу, що свідчить про високий рівень кваліфікації та багатофункціональність працівників.

Наявність трьох спеціалізованих майстерень та двох критих навісів для техніки є ключовим елементом виробничої інфраструктури, що забезпечує належні умови для проведення робіт. Ця самостійна система організації ремонтних робіт є критично важливою для забезпечення безперебійного функціонування машинно-тракторного парку. Вона дозволяє мінімізувати простої, оперативно усувати дрібні та середні несправності, а також зменшувати залежність від зовнішніх сервісних центрів. Таким чином, ця практика не лише підвищує ефективність використання техніки, але й суттєво знижує експлуатаційні витрати, що є особливо актуальним в умовах обмежених ресурсів та потреби у швидкому відновленні агровиробництва.

Машинно-тракторний парк (МТП) СТОВ «Перше травня» демонструє поєднання минулого та сьогодення, що є гнучкою стратегією господарства в умовах післявоєнного відновлення. Хоча значна частина техніки була втрачена, вцілілий парк виявився достатнім для забезпечення безперервного циклу сільськогосподарських робіт. Цей змішаний склад дозволяє ефективно виконувати всі основні агротехнологічні операції.

На сьогоднішній день парк «Перше травня» включає як високопродуктивні, сучасні машини, так і перевірені часом застарілі моделі. Гордістю господарства є новітні трактори Claas Axion та Claas Xerion, а також сучасні комбайни Claas Tucano 440, що значно підвищують швидкість і якість польових робіт. Ці машини, оснащені передовими технологіями, дозволяють оптимізувати витрати пального та ресурсів.

Поряд із сучасною технікою, в експлуатації залишаються надійні «ветерани» — трактори Т-150 та МТЗ, а також культиватори КПС-4. Попри свій вік, ці машини продовжують успішно виконувати допоміжні та менш вимогливі завдання. Їхня простота в обслуговуванні та ремонтопридатність є важливою перевагою, що дозволяє утримувати парк у робочому стані з мінімальними витратами.

Такий змішаний склад парку є проміжним етапом у довгостроковій стратегії СТОВ «Перше травня». Він відображає поступове, але впевнене оновлення технічної бази. Керівництво підприємства постійно інвестує у придбання нової техніки, що дозволяє поступово замінювати старі моделі, підвищуючи загальну ефективність роботи. Це забезпечує безперебійне функціонування господарства та створює фундамент для подальшого розвитку.

Табл. 1.3 Перелік сільськогосподарської техніки та обладнання

Найменування	**Кількість**
Трактори:	
Т150-К	3
МТЗ-80	2
МТЗ-82	1
Claas Axion 940	2
Claas Xerion 4000	2
Комбайни:	
Claas Tucano 440	3
Сівалки:	
Horsh Maestro 16 SV	1
Horsh Pronto 10 NT	1
John Deere 7000	2
John Deere 455	3
Плуги:	
Pottinger Servo 6,50	1
ПЛН-3-35	3
ПЛН-5-35	2
Борони:	
John Deere 512	1
АГП-2,4-20	2
Horsh Joker 8 RT	1
Культиватори:	
Альтаїр-5,6	3
КПС-4	3
Case IH Tiger-Mate 200	1
Обприскувачі:	
Case Patriot 4430	1

Жатки:	
Claas Vario 600	3
ЖС12-70	4
Прес-підбирачі:	
Famarol Z511	3

Такий змішаний склад парку є проміжним етапом у довгостроковій стратегії СТОВ «Перше травня». Він відображає поступове, але впевнене оновлення технічної бази. Керівництво підприємства постійно інвестує у придбання нової техніки, що дозволяє поступово замінювати старі моделі, підвищуючи загальну ефективність роботи. Це забезпечує безперебійне функціонування господарства та створює фундамент для подальшого розвитку.

Висновки:

Виконаний аналіз діяльності СТОВ «Перше травня» чітко підтвердив перехід підприємства виключно на рослинництво. Розташування у південному Степу України вимагає ефективних технологій для збереження ґрунтової вологи та протидії ерозії.

Незважаючи на наявність змішаного парку техніки, включаючи сучасні моделі Claas, та власну ремонтну базу, встановлено, що проблема поверхневого обробітку ґрунту відповідно до агротехнічних вимог залишається актуальною. Використання застарілого культиватора КПС-4 обмежує ефективність робіт.

Таким чином, спрямованість діяльності підприємства та ґрунтово-кліматичні умови потребують впровадження сучасного ґрунтообробного агрегату. Виходячи з цього, в даному проєкті прийнято рішення про удосконалення механізації поверхневого обробітку ґрунту з розробкою конструкції лапи культиватора КПС-4. Це дозволить підвищити якість роботи та забезпечити функціонування на підвищених швидкостях, оптимізуючи загальні витрати.

2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ВИКОНАННЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

2.1 Аналіз існуючих способів і технологій поверхневого обробітку ґрунту.

Поверхневий обробіток ґрунту є важливим агротехнічним заходом, який здійснюється з метою створення оптимальних умов для росту і розвитку сільськогосподарських культур [1]. Він передбачає комплекс дій, спрямованих на розпушення або ущільнення верхнього шару ґрунту, підрізання бур'янів, загортання добрив тощо на глибину до 14–16 см [2]. Цей вид обробітку відіграє ключову роль у підготовці ґрунту до посіву, оскільки забезпечує необхідну структуру ґрунту, його аерацію та вологозабезпечення. Крім того, поверхневий обробіток сприяє знищенню бур'янів, що зменшує конкуренцію для культурних рослин за поживні речовини, воду та світло.

Поверхневий обробіток ґрунту включає такі основні технологічні операції: лущення, шлейфування, боронування, коткування, культивацію (суцільну і міжрядну) [3] . Він спрямований на руйнування ґрунтової кірки, збереження вологи, вирівнювання поверхні, знищення бур’янів і покращення аерації ґрунту.

Лущення – це обробіток ґрунту на глибину 4-12 см, який проводять після збирання врожаю для знищення бур’янів і часткового загортання рослинних решток . Для виконання цієї операції використовують дискові лущильники (ЛДГ-10, ЛДГ-15) або лемішні лущильники (ЛПН-4-35). Дискові агрегати ефективні на важких і середніх ґрунтах, тоді як лемішні – на легких і сухих .

Шлейфування – це механічний обробіток ґрунту, який виконується для вирівнювання поверхні, руйнування грудок і покращення контакту насіння з ґрунтом. Використовують шлейфи ШБ-2, ШБ-3, які мають балку з металевими пластинами або зубцями. Цей метод застосовують після боронування або культивації на всіх типах ґрунтів.

Боронування сприяє знищенню кірки, розпушенню поверхневого шару ґрунту, боротьбі з бур’янами та покращенню аерації. Розрізняють легке, середнє та важке боронування, яке виконують відповідно зубовими, сітчастими або

дисковими боронами (БЗТС-1, БП-8, БДТ-7). Легке боронування застосовують на легких ґрунтах, важке – на важких суглинках і чорноземах.

Коткування проводять для ущільнення ґрунту, зменшення втрат вологи та покращення контакту насіння з ґрунтом. Використовують кільчасто-шпорові, гладкі та водоналивні котки (ККШ-6, КЗК-10) залежно від структури ґрунту. Наприклад, на важких ґрунтах застосовують кільчасто-шпорові котки, а на легких – гладкі.

Культивація поділяється на суцільну (на всю площу) і міжрядну (між рядами рослин):

- Суцільна культивація здійснюється для розпушення верхнього шару, знищення бур’янів і загортання добрив. Використовують культиватори КПС-4, КПШ-9, КШУ-12, які обладнані стрільчастими або долотоподібними лапами.
- Міжрядна культивація проводиться в посівах просапних культур (кукурудза, соняшник, картопля) для боротьби з бур’янами та покращення аерації ґрунту . Для цього застосовують культиватори КРН-5,6, КРН-4,2, які мають робочі органи з лапами-бритвами або стрільчастими лапами.

На початковому етапі обробітку ґрунту робочі органи знаряддя здійснюють проникнення у верхній шар ґрунту, забезпечуючи його розрізання на рівномірні фрагменти. Лапи, рухаючись поступально, поступово піднімають ґрунтові частки, руйнуючи їх монолітність та сприяючи розпушенню структури. Паралельно відбувається підрізання кореневої системи бур'янів, що призводить до втрати їх зв'язку із ґрунтовими шарами та полегшує їх видалення з поверхні.

Переміщення агрегату супроводжується активною взаємодією механізмів із ґрунтом. Під впливом лемешів ґрунтові маси зміщуються, змінюючи свою конфігурацію. Надмірна щільність ґрунту зменшується, що сприяє збереженню вологи та насиченню ґрунту повітрям. Органічні залишки, що знаходяться на поверхні, рівномірно перемішуються з розпушеною масою ґрунту, створюючи однорідне середовище для майбутніх рослин.

Подальший рух агрегату забезпечує вирівнювання поверхні обробленого ґрунту. Коливання, що виникають під час контакту робочих органів із ґрунтом,

сприяють усуненню значних нерівностей, формуючи оптимальну структуру орного шару. Паралельно зубчасті елементи, якими оснащено знаряддя, подрібнюють великі грудки ґрунту, сприяючи створенню дрібногрудкуватої поверхні.

Заключний етап обробітку ґрунту передбачає перевірку однорідності та якості виконаних робіт. Контрольні вимірювання визначають рівномірність розпушення ґрунту та відсутність залишкових ущільнень. Завдяки комплексу виконаних операцій створюється сприятливе середовище для рівномірного проростання насіння, що забезпечує оптимальні умови для розвитку рослинності та підвищення врожайності.

Суцільна культивація ґрунту застосовується для вирощування озимих культур, таких як пшениця, ячмінь, а також ярових зернових, круп'яних культур, льону-довгунця, кукурудзи, цукрових буряків, соняшнику, картоплі та овочів. Цей метод передбачає розпушення верхнього шару ґрунту на глибину 3–16 см, боротьбу з бур'янами та внесення мінеральних добрив, що сприяє збереженню вологи й покращенню структури ґрунту, особливо під час підготовки посівних площ у посушливих умовах.

2.2 Агротехнічні вимоги до проведення суцільної культивації.

Агротехнічні вимоги до суцільної культивації включають дотримання певних параметрів обробітку ґрунту [1]:

- Культивацію проводять у встановлені агротехнікою терміни та на визначену глибину, яка не повинна відхилятися від заданої більш ніж на 1 см.
- Верхній посівний шар після розпушення повинен мати дрібногрудкувату структуру, а висота гребенів не перевищувати 3–4 см.
- Під час культивації забезпечується повне (100%) підрізання бур'янів та рівномірне оброблення поля без огріхів та пропусків.

Для даного проекту беремо культиватори КПС-4, КПШ-5, КПШ-9, КШУ-12 та КП-8, які використовуються для різних видів обробки ґрунтів, включаючи поверхневу, глибоку обробку, внесення добрив та захист рослин.

Розміри полів, на яких працюють ці агрегати, можуть бути дуже різними. Культиватори КПС-4, КПШ-5 та КПШ-9 активно використовуються на великих і середніх полях, де потрібно ефективно обробляти великі площі для підготовки до посіву або інших агрономічних робіт. Завдяки своїм технічним характеристикам ці агрегати оптимально підходять для обробки земель на масштабних сільськогосподарських підприємствах. Для малих полів більш підходящим агрегатом є КПС-4, оскільки він забезпечує високу маневреність та точність обробки. КШУ-12, завдяки своїй конструкції, може використовуватися не тільки на великих рівнинних ділянках, але й на схилах, де інші агрегати не можуть забезпечити таку ж ефективність роботи.

Типи ґрунтів, на яких працюють ці апарати, різноманітні і залежать від специфіки кожного агрегату. КПС-4 зазвичай застосовується на легких і середніх ґрунтах, таких як суглинки та піщані ґрунти, де необхідно виконувати поверхневу обробку та забезпечити рівномірний посів. КПШ-5 та КПШ-9, завдяки своїм конструктивним особливостям, використовуються на важких та середньо важких ґрунтах, зокрема на глинистих та суглинкових ділянках. КШУ-12 добре працює на важких ґрунтах, зокрема на глинистих та заболочених, а також на схилах, де інші агрегати не можуть забезпечити належну якість обробки. КП-8, завдяки своїм можливостям, підходить для застосування на різних типах ґрунтів, включаючи суглинки, піщані ґрунти та ґрунти середньої важкості, оскільки він спеціалізується на внесенні добрив і засобів захисту рослин.

Рельєф місцевості є важливим фактором, що впливає на вибір агрегату для обробки земель. Агрегати КПС-4 і КПШ-5 найкраще використовувати на рівнинних ділянках, де відсутні значні перепади висот і важкі умови для роботи техніки. КПШ-9 також використовують на рівнинних і слабо похилих ділянках, зокрема на великих площах сільськогосподарських земель. КШУ-12 є спеціалізованим агрегатом для роботи на схилах, що дає йому перевагу у важких рельєфах, де необхідно забезпечити ефективну обробку навіть на ділянках з великими ухилами. Цей агрегат може працювати на схилах та нерівних

поверхнях, що дозволяє обробляти складні ділянки, де інші агрегати не справляються з обробкою ґрунту. КП-8, як агрегат для внесення добрив, може працювати як на рівнинних, так і на слабо похилих ділянках.

Вологість ґрунту також має суттєвий вплив на ефективність роботи культиваторів. КПС-4 найкраще працює на ґрунтах з помірною вологістю, що дозволяє виконувати поверхневу обробку з максимальним ефектом. КПШ-5 і КПШ-9 використовуються на ґрунтах з середньою та високою вологістю, оскільки вони здатні працювати навіть у умовах більш важких ґрунтів, де вологість може бути значною. КШУ-12, завдяки своїм конструктивним особливостям, може працювати на вологих ґрунтах, включаючи глинисті та заболочені ділянки, що дозволяє забезпечити ефективну обробку навіть при високій вологості. КП-8 здатний працювати на ґрунтах з різним рівнем вологості, що дає можливість використовувати його як для обробки сухих ділянок, так і для внесення добрив на вологі землі.

2.3 Фізично-механічні і технологічні властивості ґрунту.

Ґрунт – верхній пухкий шар земної кори, є основним засобом сільськогосподарського виробництва та об'єктом людської праці. Головна якісна ознака ґрунту - родючість, тобто здатність забезпечувати рослини необхідними факторами для росту та розвитку протягом їх життєвого циклу. Обробка ґрунту створює сприятливі умови для росту і розвитку рослин, забезпечуючи їх поживними речовинами, водою та повітрям. [3]

Ґрунт є унікальним природно-історичним тілом, що формується під впливом комплексної взаємодії кліматичних умов, материнської породи, рослинних і тваринних організмів, а також рельєфу місцевості. Цей складний процес обумовлює різноманітність видів ґрунтів та їх властивостей.

Ґрунт як складне природне утворення складається з трьох основних фаз: *твердої, рідкої та газоподібної*. Кожна з цих фаз відіграє важливу роль у забезпеченні родючості ґрунту та підтримці життєдіяльності рослин. [4]

Тверда фаза ґрунту включає мінеральну та органічну складові. Мінеральна частина представлена різноманітними мінералами, що утворилися внаслідок вивітрювання гірських порід.

Органічна складова ґрунту, представлена гумусом, є ключовим фактором його родючості. Гумус, утворений з відмерлих решток рослин і тварин, визначає фізико-хімічні властивості ґрунту, забезпечуючи рослини поживними речовинами та сприяючи формуванню оптимальної структури для їх росту та розвитку. Чорноземи мають 6-10%, дерново-підзолисті – 0,6-2,1% гумусу [3]

Мінеральна частина ґрунту складається з механічних елементів (фракцій) різного розміру, кількісне співвідношення яких визначає його гранулометричний склад та є одним із ключових факторів, що впливають на родючість ґрунту.

Гранулометричний склад ґрунту визначається відносним вмістом (за масою) часток або фракцій різної величини, вираженим у відсотках до загальної маси абсолютно сухого ґрунту. У переважній більшості ґрунтів близько 90% гранулометричного складу представлено елементарними ґрунтовими частинками мінерального походження.

В Україні найпоширенішою є класифікація гранулометричних елементів, розроблена професором Н.А. Качинським. [5]

Таблиця 2.1 – Класифікація гранулометричних елементів ґрунтів та порід (за Н.А. Качинським)

Гранулометричні елементи	Розмір елементів,мм	Гранулометричні елементи	Розмір елементів, мм
Каміння	>3	Пил крупний	0,05-0,01
Гравій	3-1	Пил середній	0,01-0,005
Пісок крупний	1-0,5	Пил дрібний	0,005-0,001
Пісок середній	0,5-0,25	Мул грубий	0,001-0,0005
Пісок дрібний	0,25-0,05	Мул тонкий	0,0005-0,0001
		Колоїди	<0,0001

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. 2.2 – Класифікація ґрунтів за механічним складом [3]

Різновид ґрунту	**Вміст фізичної глини у ґрунтах типу ґрунтоутворення (у %)**	
	підзолистого	**степового**
Глинистий важкий	Понад 80	Понад 85
Середній	65-80	75-85
Легкий	50-65	60-75
Суглинний важкий	40-50	45-60
Середній	30-40	30-45
Легкий	20-30	20-30
Супіщаний	10-20	10-20
Піщаний зв’язний	5-10	5-10
Пухкий	0-5	0-5

За цією класифікацією ґрунти поділяються на наступні основні типи:

- Піщані ґрунти характеризуються швидкою інфільтрацією вологи та низькою вологоутримуючою здатністю. Практично повна відсутність колоїдів та фізичної глини обумовлює їх низьку здатність утримувати поживні речовини. Завдяки цим властивостям, піщані ґрунти швидко прогріваються навесні та легко обробляються, що зумовлює їхню класифікацію як "легкі" ґрунти.

– Глинисті ґрунти, навпаки, характеризуються високим вмістом глинистих часток, що зумовлює значний опір під час обробітку, особливо у сухому або перезволоженому стані. Ця властивість є причиною їх класифікації як "важкі"

ґрунти. Глинисті ґрунти мають низьку водопроникність, схильні до ущільнення та повільно прогріваються. На їх поверхні часто утворюється кірка. Незважаючи на ці недоліки, глинисті ґрунти багаті на поживні речовини, що є їхньою позитивною характеристикою.

Фізичні властивості ґрунту є визначальними характеристиками, що впливають на 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 - це відношення маси твердої фази ґрунту до маси води такого ж об'єму за температури 4°C. Цей показник вимірюється в г/см³ і відображає щільність твердих частинок ґрунту. Чим більший вміст гумусу в ґрунті, тим менша його питома маса. Наприклад, питома маса кварцу становить 2,6-2,8 г/см³, тоді як торфу - 1,8 г/см³.

Об'ємна маса ґрунту - це маса 1 см³ абсолютно сухого ґрунту з його природною структурою. Вимірюється в г/см³ і 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 - це відношення об'єму пор (шпарин) у ґрунті до загального об'єму ґрунту. Виражається у відсотках і 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.

Твердість ґрунту - це здатність ґрунту чинити опір проникненню в нього твердого тіла. Твердість залежить від вологості, щільності, складу та є побічним показником питомого опору ґрунту.

Пластичність ґрунту - це здатність зберігати надану форму у вологому стані. Найбільшою пластичністю характеризуються глинисті ґрунти, тоді як піщані ґрунти практично не мають цієї властивості.

Липкість ґрунту - це здатність прилипати до знарядь обробітку. Найбільша липкість спостерігається у глинистих ґрунтів, що може призводити до збільшення опору під час обробітку та погіршення його якості, особливо за умов підвищеної вологості. Оптимальна вологість для обробітку ґрунту становить 60-75% повної вологоємності.

Набухання ґрунту - це збільшення об'єму під час зволоження. Найбільше набухання властиве глинистим та торфовим ґрунтам. Це явище може бути небажаним, оскільки може призводити до пошкодження кореневої системи рослин та інших негативних наслідків.

Осідання ґрунту - це процес, протилежний набуханню, який відбувається під час висихання. Під час осідання вміст повітря в ґрунті зменшується.

Зв'язність ґрунту - це здатність чинити опір обробітку. Чим більший вміст глинистих частинок, тим важче обробляти ґрунт.

Питомий опір ґрунту - це відношення сили тягового опору плуга до площі поперечного перерізу шару, що піднімається. Ця характеристика враховується при складанні комбінованих агрегатів та визначенні ширини захвату машини. Питомий опір ґрунтів коливається в широких межах і залежить від їх типу, будови і стану. [6]

Табл. 2.3 – Питомий опір різних типів ґрунтів:

Тип ґрунту	Питомий опір (Н/см^2)
Легкі ґрунти	До 3
Середні ґрунти	3…5
Середньо-важкі ґрунти	5…7
Важкі ґрунти	7…12
Дуже важкі ґрунти	12 і більше

Тертя ковзання ґрунту об поверхню робочого органа називається зовнішнім тертям. Його визначають силою F опору ґрунту переміщенню його по робочій поверхні. Ця сила пропорційна силі N нормального тиску ґрунту на робочий орган. [6]

$$F=f*N$$

Коефіцієнт тертя (f) піщаних сипучих ґрунтів по сталі змінюється в межах від 0,25 до 0,35, піщаних зв'язних – від 0,50 до 0,70, середньо-глинистих – від 0,35 до 0,50, важких суглинкових і глинистих – від 0,60 до 0,90. [6]

Тертя при обробітку ґрунту є шкідливим явищем. Сили тертя на поверхні робочих органів складають 30–40% від всього опору знаряддя.

2.4 Аналіз існуючих засобів механізації суцільної культивації.

Культиватор КПС-4, класифікований як паровий швидкісний агрегат з шириною захвату 4 метри, призначений для здійснення передпосівного суцільного обробітку ґрунту на глибину до 12 см, а також для обробки чорних парів з метою ефективного знищення бур'янів, що супроводжується інтегрованою функцією боронування; характеризується робочою швидкістю до 3 м/с; доступний у причіпній та начіпній модифікаціях; для агрегатування з тракторами тягових класів 0,9 та 1,4 використовується одиночний культиватор, з тракторами класу 3 – зчіпка СГ-11У для двох культиваторів, а з тракторами класу 5 – зчіпка СГ-16 для чотирьох культиваторів. [8]

Культиватор КПС-4, що є причіпним агрегатом, складається з рами (4) зварної чотирикутної форми, коліс (3) з пневматичними шинами, сниці (1), робочих органів (6), приєднаних до гряділів (5, 9), начіпного механізму (8) для приєднання борін, та механізму регулювання заглиблення робочих органів (2); рама має передній брус з квадратної труби, до якого приварені скоби для шарнірного приєднання гряділів з робочими органами; комплект гряділів включає шість довгих, два обвідних, три коротких та п’ять однобічних; з заднім брусом рами гряділі з’єднані через натискні штанги, а до переднього бруса

шарнірно приєднана сниця та ходові колеса; глибина ходу робочих органів регулюється механізмами гвинтового типу, де гвинт кожного механізму з'єднаний з кронштейном колеса та бічним променем сниці, дозволяючи змінювати положення ходових коліс відносно рами. [9]

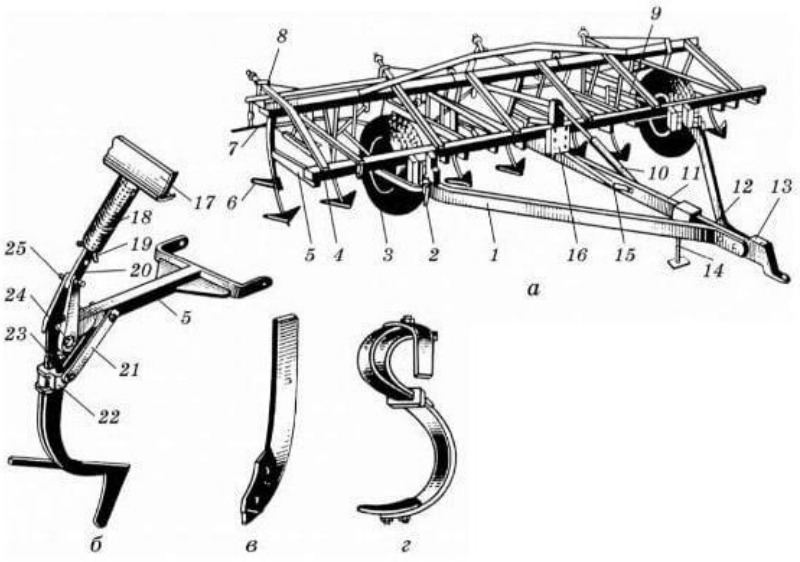


Рис. 2.1 - Загальний вид культиватор КПС-4:

а – загальний вигляд; б – стрілчаста лапа; в, г – розпушувальні лапи; 1 і 12 – бічні бруси сниці; 2 – регулятор глибини; 3 – опорне колесо; 4 – рама; 5 і 9 – гряділі; 6 – лапа; 7 – повідець; 8 – начіпний механізм для борін; 10 – гідроциліндр; 11 – сниця; 13 – причіпний пристрій; 14 – підставка; 15 – транспортна тяга; 16 – стовба; 17 – кутик рами; 18 – пружина; 19 – шплінт; 20 – штанга; 21 – планка; 22 – утримувач; 23 – 25 – болтові з'єднання.

Робочий процес починається з агрегатування культиватора з трактором. Після цього культиватор опускається в робоче положення, і трактор починає рух по полю. Опорні колеса (2) забезпечують задану глибину обробітку, а робочі органи (3, 4, 5, 6, 7, 8) розпушують ґрунт, підрізають бур'яни та вирівнюють поверхню поля.

У суцільній культивації беруть участь такі робочі органи: лапи (3, 4, 5, 6, 7, 8), які мають стрільчасту форму і розташовані в кілька рядів у шаховому порядку, забезпечують повне перекриття оброблюваної поверхні та якісне розпушування ґрунту на задану глибину. Борона (не показана на зображенні), яка

агрегатується з культиватором, додатково подрібнює грудки ґрунту, вирівнює поверхню та закриває вологу. Глибина обробітку регулюється за допомогою механізму навішування (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16), який дозволяє піднімати або опускати робочі органи.

Табл. 2.4 – Коротка технічна характеристика культиваторів

Показник	КПС-4	КПШ-5	КПШ-9	КШУ-12	КШП-8
Ширина захвату, м	4	4,57	8,2	18	8,4
Робоча швидкість, км/год	12	10	12	12	7...12
Глибина обробки, см	7...12	7...18	7...18	7...15	7...12
Агрегатування (клас трактора)	1,4...5	3...5	5	3	3
Тип культиватора	Паровий причіпний	Паровий навісний	Паровий напівнавісний	Паровий	Пружинний

Культиватор-плоскоріз широкозахватний КПШ-5 складається з центральної та двох бічних рам, функціонуючи у п'ятикорпусному або трикорпусному варіантах. У п'ятикорпусній конфігурації опорні колеса встановлюються на бічні рами, у трикорпусній – на центральну. Бічні рами з'єднуються з центральною за допомогою кронштейнів та сполучних пластин. Для транспортування на значні відстані з метою зменшення габаритів бічні рами піднімаються гідроциліндром через систему важелів та фіксуються регульованою тягою між кронштейнами, закріпленими шплінтами. Сполучні пластини між рамами обладнані гвинтами для регулювання горизонтальності кожної рами. Робочий орган культиватора-плоскоріза має кут розчину лемешів 75 градусів, долото та лемеші наплавлені твердим сплавом. Для налаштування кута входження органу в ґрунт передбачений гвинт. У робочому положенні для запобігання виштовхуючій силі носок повинен бути заглиблений на 2-3 см більше, ніж кінці лемешів. Глибина ходу робочих органів (від 7 до 18 см) регулюється гвинтовими механізмами опорних коліс. Агрегатується культиватор з тракторами класу 30 кН: Т-150, Т-150К, ДТ-75, ДТ-75М. [10]

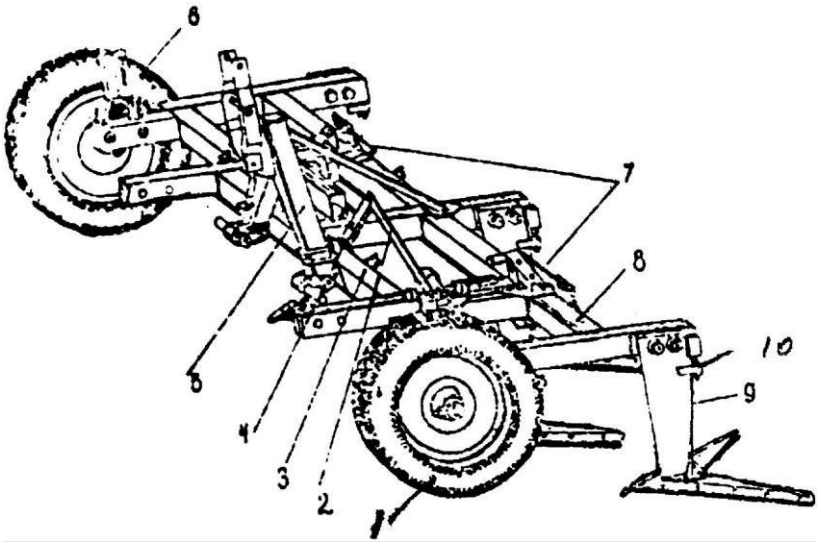


Рис. 2.2 – Загальний вид культиватор-плоскоріз широкозахватний КПШ-5:

1 – колесо пневматичне; 2 – тяга; 3 – рама центральна; 4 – важіль; 5 – зчіпка автоматична; 6 – механізм колеса; 7 – кронштейн; 8 – рамка бічна; 9 – робочий орган; 10 – регулювальний гвинт.

Культиватор широкозахватний пружинний КШП-8 використовується для розпушення ґрунту, знищення небажаної рослинності, проведення ранньовесняного закриття вологи, а також для культивації земель із рівним або хвилястим рельєфом (нахил до 10°), засмічених камінням. Агрегатується із тракторами тягового класу 1,4 при робочій ширині 3,6 м та класу 3 при ширині захвату 6 або 8,4 м. Культиватор має навісну конструкцію, що забезпечує ефективність його використання в різних агротехнічних умовах. [11]

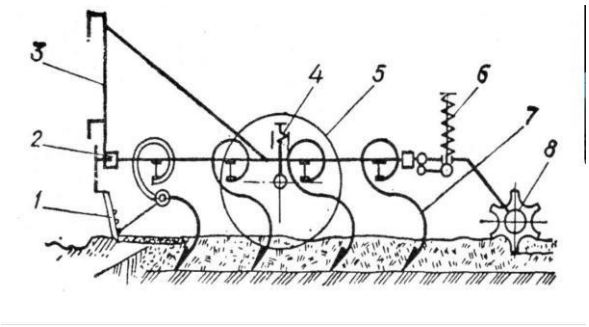


Рис. 2.3 – Технологічна схема роботи культиватора КШП-8:

1 – вирівнюваний брус; 2 – рама; 3 – замок; 4 – механізм регулювання глибини; 5 – колесо; 6 – натискна штанга з пружиною; 7 – робочий орган; 8 – роторна борінка.

Культиватор-плоскоріз широкозахватний КПШ-9 являє собою напівначіпний гідрофікований агрегат, призначений для основного парового та передпосівного обробітку ґрунту на глибину до 18 см, забезпечуючи збереження стерні зернових культур на поверхні для захисту від вітрової ерозії. При агрегатуванні з тракторами класу 5 до культиватора приєднують дев'ять лап, а з тракторами класу 3 – сім, що забезпечує ширину захвату відповідно 8,2 та 6,4 м. [2]

Конструкція культиватора складається з трьох секцій: середньої центральної та двох бічних, де середня секція має раму, обладнану замком автозчіпки в передній частині, трьома плоскорізальними лапами шириною захвату 0,97 м кожна та двома опорними пневматичними колесами.

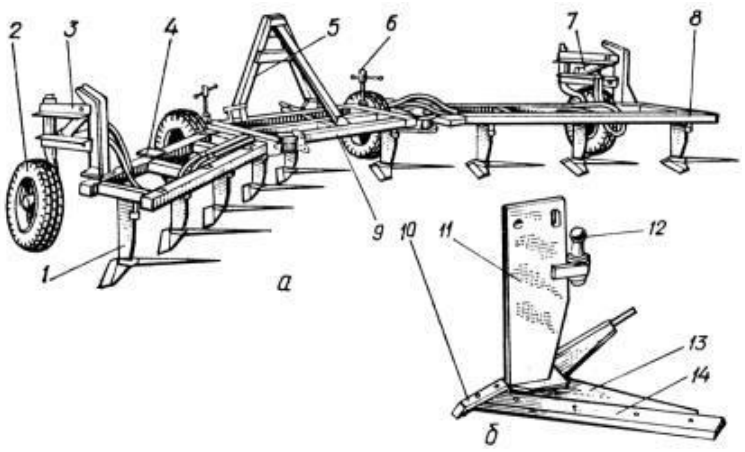


Рис. 2.4 – Загальний вид Культиватор - плоскоріз широкозахватний КПШ – 9: а – загальний вид; б – плоскорізальна лапа; 1 – лапа; 2 – опорне колесо; 3 – підвіска; 4 – ліва бокова секція; 5 – замок автозчіпки; 6 – гвинтовий механізм; 7 – гідроциліндр; 8 – права бокова секція; 9 – середня секція; 10 – долото; 11 – стояк; 12 – регулювальний болт; 13 – башмак; 14 – леміш.

Культиватор КШУ-12 призначений для суцільного передпосівного та парового обробітку ґрунту, забезпечуючи підрізання бур'янів, вичісування рослинних залишків, дрібноструктурне розпушування поверхневого шару та вирівнювання його поверхні. Агрегатується з тракторами тягового класу 2 та 3 за причіпним способом. Базова комплектація включає універсальні стрільчасті

лапи (330 мм) та роторну борону, що дозволяє оптимізувати обробіток для різних агротехнічних потреб.

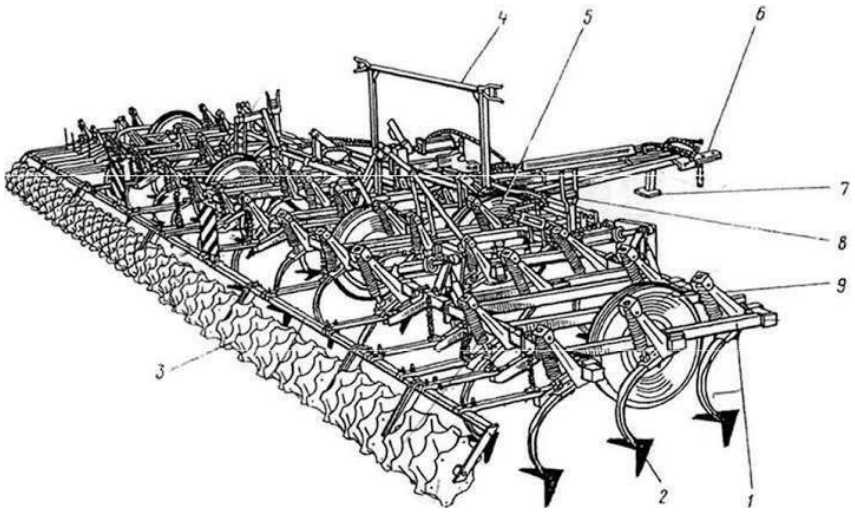


Рис. 2.5 – Загальний вид культиватор КШУ – 12

1 – рама; 2 – секція робочих органів; 3 – роторна боронка; 4 – фіксатор; 5 - спарені колеса; 6 – сниця; 7 – підставка сниці; 8 – опора; 9 – колеса бічних секцій

Культиватор Case IH Tiger-Mate 200, є високопродуктивним агрегатом для передпосівного обробітку ґрунту, головною метою якого є створення ідеального посівного шару для забезпечення швидкого та рівномірного проростання насіння та, як наслідок, підвищення врожайності. Нерівномірне або пізнє проростання може призвести до втрати 12% і більше врожаю на початку посівного сезону.



Рис. 2.6 – Культиватор Case IH Tiger-Mate 200

Конструктивні особливості Tiger-mate 200 включають жорсткий механічний контроль глибини для рівномірного заглиблення та використання сдвоєних коліс на рознесених осях, які входять у стандартну комплектацію несучої рами та кожної секції крила. Стійки мають ефективний просвіт 152 мм (6 дюймів) та використовують пружини стиснення із зусиллям 68 кг (150 фунтів) при русі, що забезпечує проникнення у твердий ґрунт на вищій швидкості та висоту ходу 356 мм (14 дюймів). Лапа Maxxi-Point™, виготовлена з високоміцної легованої сталі Earth Metal товщиною 6,5 мм, має подовжений носик із змінним наконечником шириною 1/2 дюйма, що покращує проникаючу здатність.

Для завершення обробки можуть застосовуватися Удосконалені системи для розрівнювання (ALS) або ротаційна борона Crumbler, остання забезпечує повторну обробку ґрунту за один прохід, зменшує розмір комків та ущільнює ґрунт, створюючи ідеальний посівний шар з дрібних частинок у зоні посіву та крупнокомковатого ґрунту зверху. Рекомендована робоча швидкість культиватора становить від 8,8 км/год (5,5 миль на годину) до 12,8 км/год (8 миль на годину).

Табл. 2.5 – Технічна характеристика

Найменування	**Показник**
Тип агрегату	Причіпний
Робоча швидкість, км/год	8-12
Глибина обробітку, см	12
Робоча ширина, м	10,4
Кількість рядків, шт	5
Кількість секцій, шт	5
Необхідна потужність трактора, л.с	220

Культиватор John Deere 2210 є ключовим агрегатом для вторинного обробітку ґрунту, спрямованим на високоякісну передпосівну підготовку та

зниження операційних витрат завдяки зменшенню кількості проходів. Конструкція культиватора вирізняється високою надійністю, зокрема завдяки запатентованій конструкції рами Tube-Thru-Tube та шаховому розташуванню стійок, що забезпечує максимальну міцність і запобігає забиванню пожнивними рештками.

Для роботи у складних ґрунтових умовах та на високих швидкостях застосовуються стійки TruPosition з підвищеною силою спрацьовування. Зручність та точність роботи забезпечує система одноточкового контролю глибини, що дозволяє оператору швидко налаштовувати робочий процес. Наявність плаваючого зчіпного пристрою покращує маневреність та копіювання рельєфу поля.



Рис. 2.7 – Культиватор John Deere 2210

Культиватор може бути додатково оснащений заднім причіпним катком для фінального формування посівного ложа, що підкреслює його універсальність у створенні ідеальних умов для проростання насіння.

Табл. 2.6 – Технічна характеристика

Найменування	**Показник**
Тип агрегату	Причіпний
Робоча швидкість, км/год	8-12
Глибина обробітку, см	12
Робоча ширина, м	8-18
Кількість рядків, шт	5
Кількість секцій, шт	3-5
Необхідна потужність трактора, л.с	140

2.5 Патентний аналіз конструкцій.

У результаті проведеного патентного пошуку було ідентифіковано та відібрано ряд патентних документів для подальшого поглибленого аналізу. Перший патент **RU2628491C1 «Культиваторна лапа»**.

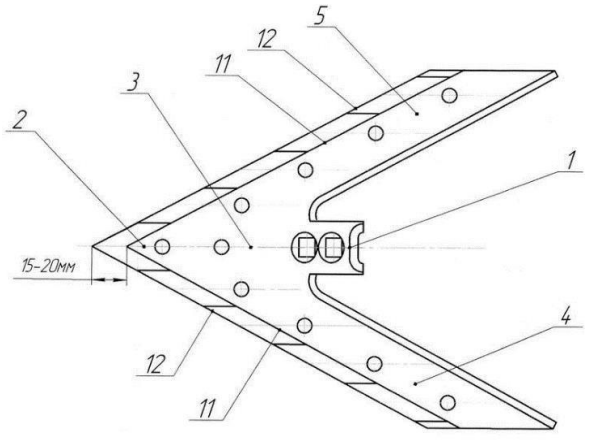


Рис. 2.8 – Лапа культиватора за RU2628491C1

1 – Корпус лапи; 2 – Долото; 3 – Центральний фіксатор; 4 – Праве лезо; 5 – Ліве лезо; 11 – Кріпильні елементи; 12 – Стикові межі

Основною метою винаходу є покращення технологічного процесу культивації, підвищення зносостійкості, довговічності та ремонтопридатності лапи за рахунок використання спеціальних накладних елементів і нових методів їх кріплення.

Конструкція культиваторної лапи включає хвостовик, носову частину, основу з симетричними лівим і правим крилами. На носовій частині та крилах встановлені накладні елементи у вигляді зігнутих пластин із зносостійкої легованої сталі. Вони кріпляться до основи та носової частини з нижньої сторони лапи випуклою стороною вниз за допомогою болтових з'єднань. Передні краї накладних елементів виступають за межі основи лапи, утворюючи ріжучу кромку. Центральний накладний елемент носової частини має двостороннє стріловидне загострення та двосторонню зміцнювальну плазмово-порошкову наплавку у формі логарифмічної кривої на нижній частині лез. Бокові накладні елементи крил мають
паралелограмну форму та зміцнювальну наплавку за аналогічним принципом.

Товщина пластин центрального і бокових накладних елементів становить відповідно 1/2 і 1/4 від товщини основи лапи. Принцип роботи даної культиваторної лапи базується на оптимальному розподілі навантаження між центральним та боковими елементами. При русі в ґрунті центральний загострений накладний елемент носової частини легко впроваджується в ґрунт, виконуючи функцію розпушення та зменшуючи навантаження на ріжучі кромки крил лапи. Далі в роботу включаються бокові крила, які розширюють зону обробки, додатково розпушуючи ґрунт та підрізаючи коріння бур'янів. Важливу роль відіграє форма ріжучої кромки лапи: за рахунок чергування зміцнених і незміцнених ділянок вона набуває зубчастої форми. Це створює ефект самозаточування, зменшуючи опір ґрунту та забезпечуючи високу ефективність культивації.

Патент Росії № 110894U1 «Стрельчастая лапа культиватора»

Патент RU110894U1 стосується вдосконалення конструкції стрілчастої лапи культиватора, яка застосовується для обробки ґрунту. Основною метою

цього технічного рішення є підвищення зносостійкості, довговічності та ефективності культивації шляхом використання спеціальних матеріалів і конструктивних елементів. Конструктивно лапа складається з носової частини, симетричних крил із лезвійними частинами та елемента кріплення. Головною особливістю є те, що носова частина виконується збірною та містить накладний елемент у вигляді загостреного бруса, який закріплюється в її основі. Цей елемент виготовляється з високоміцної легованої сталі або зносостійкого чавуну, що значно збільшує термін служби лапи. Матеріали, які використовуються для виготовлення основних частин лапи, включають леговані сталі марок 40ХС, 40Х і 65Г із твердістю HRC 48-55, що забезпечує підвищену міцність і стійкість до механічних навантажень. Накладний елемент може мати різні форми поперечного перерізу: напів круглу, багатокутну або прямокутну. Оптимальна довжина елемента становить 60-90 мм, а кут загострення – 25-30°.

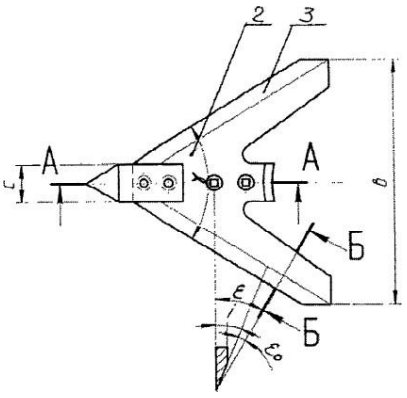


Рис. 2.9 – Лапа культиватора за патентом RU110895U1

2 – Основа лапи; 3 – Крила лапи; А-А – Повздовжній розріз; Б-Б – Поперечний розріз крила; ε – Кут заточки; ε_0 – Задній кут; В – Ширина захвату.

Заточка крил виконується за спеціальною технологією: залежно від кута нахилу до горизонту вона може бути односторонньою або двосторонньою, що сприяє покращенню ріжучих характеристик і зниженню енергоспоживання під час експлуатації. Завдяки цим конструктивним змінам культиваторна лапа демонструє покращену продуктивність і триваліший термін служби.

Патент RU2452155C1 «Лапа культиватора»

Патент RU2452155C1 стосується вдосконалення конструкції лапи культиватора, що належить до сільськогосподарського машинобудування та використовується для обробки ґрунту, шляхом застосування наплавленого зносостійкого шару вздовж ріжучої кромки лез під кутом 1-30° відносно її краю до носової частини, що сприяє рівномірному зношуванню ріжучої частини та самозагостренню, підвищуючи термін експлуатації, а також регламентує оптимальне співвідношення товщини та ширини наплавленого шару, який містить 1,0-6,5% вуглецю та 2,5-45,0% хрому, забезпечуючи механічну стійкість та ефективність у ґрунтообробних процесах, зокрема шляхом зменшення опору при заглибленні, мінімізації втрат металу, зниження витрат пального, збереження функціональних

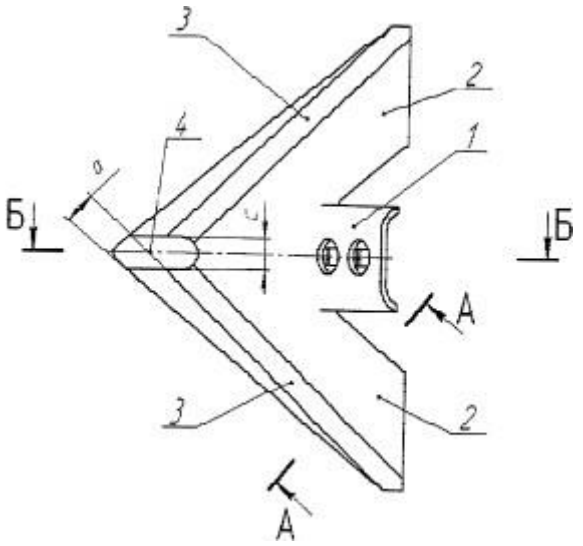


Рис. 2.10 – Лапа культиватора за патентом RU2452155C1

1 – Основа лапи; 2 – Крила лапи; 3 – Різальні кромки; 4 – Долото; А-А – Переріз крила; Б-Б – Повздовжній розріз

характеристик протягом усього терміну служби, покращення якості обробки ґрунту, що досягається завдяки поступовому формуванню долотообразної форми носової частини, яка забезпечує ефективне проникнення в ґрунтовий шар та подальше його розпушування без ущільнення, сприяє ефективному видаленню бур'янів і забезпечує рівномірний знос робочих поверхонь, що

дозволяє використовувати закладений у деталі метал максимально ефективно, значно збільшуючи ресурс виробу, що, своєю чергою, забезпечує зростання продуктивності сільськогосподарських робіт та економічну доцільність застосування удосконаленої конструкції лапи культиватора у сучасному аграрному виробництві.

Патент RU2070363C1 «Стрільчаста лапа культиватора»

Основна мета розробки полягає в підвищенні ефективності культивації, зменшенні енергетичних витрат і збільшенні довговічності робочого органа шляхом використання зносостійких матеріалів і вдосконаленої геометрії ріжучих крайок.

Конструктивно лапа складається з носової частини, двох симетричних крил і елемента кріплення. Відмінною особливістю є наявність накладного елемента у вигляді загостреного бруса, виготовленого з високоміцної легованої сталі або зносостійкого чавуну. Цей елемент закріплюється в носовій частині лапи, що значно підвищує її зносостійкість і дозволяє зменшити витрати на заміну деталей. Матеріали для виготовлення основних частин лапи включають леговані сталі 40ХС, 40Х і 65Г з поверхневою твердістю в межах 48-55 HRC. Це забезпечує високу міцність і стійкість до механічного впливу. Накладний елемент може мати різні форми поперечного перерізу (полукруглу, багатокутну або прямокутну), що дозволяє адаптувати конструкцію під різні типи ґрунтів. Його довжина становить 60-90 мм, кут загострення – 25-30°, а виступаюча частина може досягати 30-40 мм. Особливу увагу приділено заточуванню ріжучих крайок крил лапи. В залежності від кута нахилу до поверхні ґрунту застосовуються різні методи заточки. При куті постановки $\varepsilon \leq 15°$ використовується верхнє заточування під кутом 8-10°. Для кута $15° < \varepsilon \leq 20°$ застосовується двостороння заточка під кутом 4-5°, а при $\varepsilon > 20°$ – заточка з нижнього боку під кутом 8-10°. Така технологія заточування сприяє покращенню ріжучих властивостей і зниженню енергетичних витрат при експлуатації.

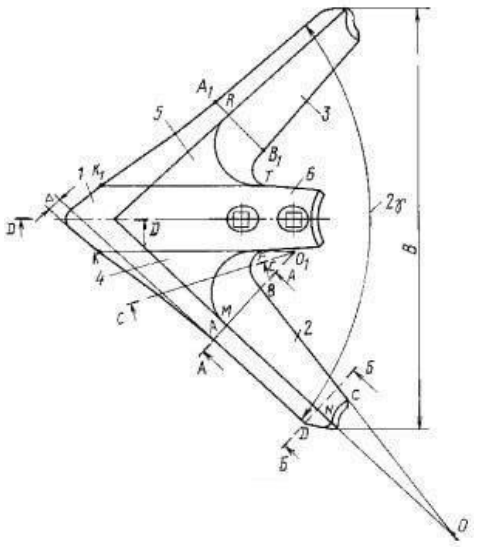


Рис. 2.11 – Лапа культиватора № 2070363С1

1 – Носок лапи; 2 – Ліве крило лапи; 3 – Праве крило лапи; 4,5 – Різальні кромки; 6 – П’ятка (основа); 2γ – Кут розхилу; В – Ширина захвату; $A_1B_1O_1$ – Точки геометричної побудови.

Удосконалена лапа забезпечує покращене проникнення в ґрунт, зменшує тяговий опір і підвищує якість обробки ґрунту. Крім того, конструкція сприяє рівномірному розподілу навантаження, що знижує ризик передчасного зношування. Внаслідок оптимізації форми та матеріалів термін служби лапи значно збільшується, що позитивно впливає на експлуатаційні витрати та ефективність використання сільськогосподарської техніки. Розроблена конструкція культиваторної лапи відповідає сучасним вимогам агротехніки, що дозволяє покращити якість обробки ґрунту, підвищити продуктивність сільськогосподарської техніки та забезпечити стабільні результати при її експлуатації в різних умовах.

Патент UA9937 «Лапа культиватора»

Патент UA9937 полягає у вдосконаленні геометрії робочого органу для вирішення проблеми неповного знищення бур'янів: кінці різальних кромок передніх лап виконані загнутими назовні і спрямовані назустріч одна одній, на відміну від прямолінійних кромок традиційних аналогів. Ця спеціальна

конфігурація дозволяє забезпечити функціональне перекриття різальних кромок сусідніх лап під час роботи.

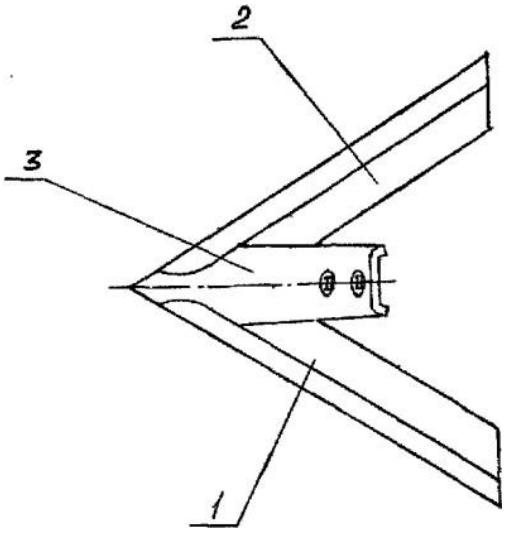


Рис. 2.12 – Лапа культиватора за патентом UA9937

1 – Ліве крило лапи; 2 – Праве крило лапи; 3 – Основа

Завдяки цьому перекриттю, досягається гарантоване суцільне підрізання кореневої системи бур'янів по всій ширині обробітку, включаючи зони, де раніше залишалися пропуски. Це значно підвищує ефективність агротехнічних заходів, усуває можливість регенерації бур'янів, забезпечуючи високу якість передпосівної культивації та загальну надійність роботи культиватора.

Патент UA10688 «Лапа культиватора» .

Вдосконалення полягає у радикальній зміні геометричного профілю різальної кромки для оптимізації взаємодії з ґрунтом і зменшення енерговитрат. У той час як традиційні лапи, включно зі стрілчастими та універсальними (з кутами розвороту до 65° та шириною захвату до 330 мм), стикаються з проблемою високого опору ґрунту, що вимагає значних тягових зусиль, пропонована модель вирішує це шляхом інноваційного формування робочого органу. Ключова особливість полягає у тому, що різальна кромка лапи виконана увігнутою, а її бічна площина формує увігнуту дугу. Цей специфічний, нелінійний, профіль впроваджено для мінімізації площі контакту з ґрунтом при збереженні ефективності підрізання. Забезпечення значного зниження опору ґрунту при одночасному збереженні високої якості підрізання бур'янів та розпушування ґрунту.

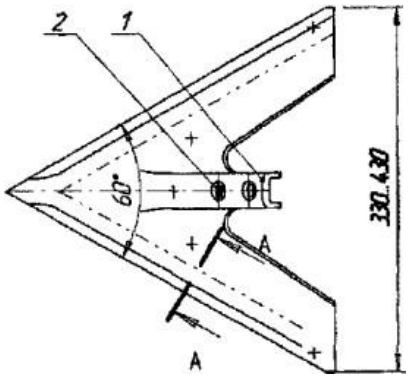


Рис. 2.13 –Лапа культиватора за патентом UA10068

1 – Стійка; 2 – Отвори для кріплення стійки

Увігнута форма різальної кромки та бічної площини призводить до суттєвого зменшення сили опору ґрунту під час роботи лапи порівняно з аналогами. Це безпосередньо призводить до зниження питомих витрат енергії (палива) на обробіток ґрунту, що є критично важливим економічним показником. Аграрне підприємство може або зберегти робочу швидкість з меншими енерговитратами, або збільшити продуктивність (швидкість) агрегату без підвищення навантаження на трактор. Крім того, увігнутий профіль сприяє більш чистому підрізанню кореневої системи бур'янів, підвищуючи агротехнічну якість обробітку.

Патент UA83017 «Лапа культиватора»

Вдосконалення полягає у розробці ефективного та зносостійкого робочого органу культиватора, що забезпечує зниження тягового опору та підвищення довговічності. Існуючі лапи, виготовлені з високотвердих зносостійких матеріалів (наприклад, з твердосплавними елементами або наплавленнями), мають високу собівартість та складність виготовлення, а їхні різальні кромки, як правило, швидко втрачають гостроту, особливо при роботі на абразивних ґрунтах.

Лапа культиватора, що містить хвостовик і робочу частину, формується за допомогою затвердіваючого складу (заливної порошкової композиції) на основі епоксидної смоли та наповнювача (залізна або дрібна стружка), який поміщений у проміжний простір між зношеним лемешем та зовнішнім шаром, утворюючи композитну структуру. Ключовий елемент: Для підвищення зносостійкості у складі композиції використовується зерноподібний реліт, який додається до епоксидної смоли у кількості 10-

30% від її об'єму. На підготовлений леміш (очищений та знежирений) наноситься захисний шар (наприклад, металева сітка) та формується зовнішній шар композиту (епоксидна смола з наповнювачем та релітом), який затвердіває при температурі 60°С.

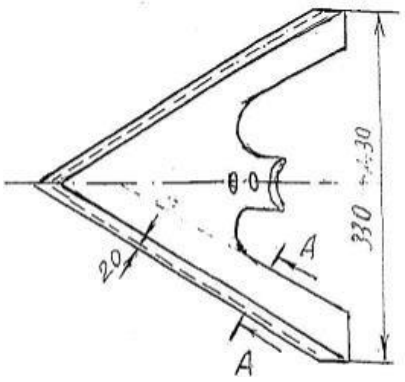


Рис. 2.14 –Лапа культиватора за патентом UA83017

Використання композиту з релітом призводить до самозаточування різальної кромки лапи під час роботи. Тверді частки реліту та наповнювача стійкі до абразивного зносу, тоді як епоксидна смола зношується швидше, постійно оголюючи нові гострі елементи. Це забезпечує тривале збереження гостроти різальної кромки, що, у свою чергу, суттєво знижує тяговий опір (до 20 кг на кромку) та підвищує якість підрізання коренів бур'янів. Крім того, технологія дозволяє відновлювати зношені лапи, знижуючи собівартість їхнього виробництва.

Патент UA100071 «Лапа культиватора»

Вдосконалення полягає у радикальній зміні конструктивного вузла кріплення лапи до стійки з метою зниження енергоємності обробітку ґрунту. Традиційні лапи культиваторів, що мають вертикальні стійки, стикаються з проблемою високого опору ґрунту, зумовленого нераціональним розподілом навантажень і утворенням ущільнень (бокових валів) у зоні проходження стійки. Це призводить до підвищених витрат енергії та погіршення якості розпушування. Розробка конструкції, що забезпечує зниження енергоємності роботи лапи культиватора шляхом зменшення формування зон ущільнення ґрунту і мінімізації його опору. Лапа культиватора включає робочу частину та нижню кінцеву, якоря, що закріплена на нижній кінцевій частині стійки.

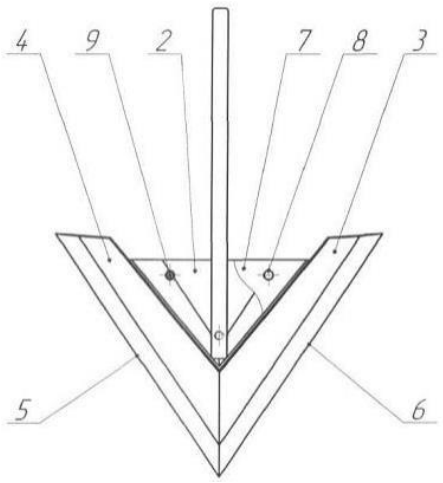


Рис. 2.15 –Лапа культиватора за патентом UA100071

2 – Стійка; 3 – Праве крило лапи; 4 – Ліве крило лапи; 5,6 – Ріжуча кромка; 7 – Носок; 8 – Отвір для кріпення; 9 – П’ятка.

Нижня кінцева частина якоря, до якої кріпиться робоча частина, відповідно відрізняється від стійки. А саме, вона виконана у формі криволінійним прийомом його кривизна виглядає у вигляді літери "С", а поверхні верхнього і нижнього кінця стійки, які відповідають формі літери "С", розташовані в похилому, не перпендикулярному, положенні до горизонтальної площини. Переваги та Завдяки такій похилій та криволінійній конфігурації, ґрунт при роботі не пересувається, а ковзає по всій поверхні стійки та якоря. Це запобігає утворенню бокових валів і зон ущільнення, а також зменшує опір ґрунту при проходженні стійки, оскільки ґрунт не накопичується на ній. Результатом є суттєве зниження енергоємності обробітку ґрунту, підвищення якості розпушування та зменшення навантаження на тягові засоби.

Висновки:

Проведений аналіз (Розділ 2) охоплює способи, агротехнічні вимоги та засоби механізації поверхневого обробітку ґрунту. Цей комплекс операцій (лущення, боронування, культивація) є критично важливим для розпушення

верхнього шару ґрунту (до 16 см), збереження вологи та ефективного знищення бур’янів.

Встановлено, що якість обробітку тісно залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту (гранулометричний склад, питомий опір), які є визначальними для раціонального вибору машинно-тракторного агрегату.

Огляд існуючих засобів механізації (культиватори КПС-4, КШУ-12 та ін.) підтверджує широкий спектр агрегатів для різних умов. Сучасні конструктивні рішення, зокрема використання інноваційних лап, спрямовані на зниження тягового опору та підвищення енергоефективності обробітку.

Отже, забезпечення високої агротехнічної якості та продуктивності поверхневого обробітку вимагає інтегрованого підходу, що поєднує точний вибір технології та раціональне використання технічних засобів, які максимально відповідають конкретним ґрунтово-кліматичним умовам.

3. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ

3.1 Обґрунтування схеми вдосконалення

Аналіз конструкційних особливостей сучасних культиваторів для суцільного обробітку ґрунту виявив необхідність оптимізації якісних показників обробітку в умовах підвищеної складності. Для цього пропонується інтегрувати додаткові робочі органи в конструкцію штатного культиватора. Зокрема, модифікація серійного культиватора КПС-4 шляхом оснащення його вдосконаленими робочими органами. Таке удосконалення дозволить покращити якість обробітку ґрунту, підвищити ефективність роботи культиватора та зменшити енергозатрати.

Удосконалена лапа культиватора являє собою високотехнологічний елемент сучасного сільськогосподарського обладнання, розроблений для оптимізації процесу обробітку ґрунту. Цей виріб є результатом комплексного підходу до проектування робочих органів, що поєднує в собі ряд конструктивних та технологічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності та довговічності.. Конструкція лапи включає кілька ключових елементів, кожен з яких відіграє важливу роль у функціонуванні цього робочого органу.

Основу конструкції становить держатель 1, що виконує роль кріплення лапи до рами культиватора та забезпечує передачу механічного зусилля під час роботи. До держателя приєднані два крила 2, розташовані під певним кутом, що виконують функцію основних ріжучих елементів. На зовнішній поверхні кожного крила вздовж його ріжучої кромки розміщується наплавлений зносостійкий шар 3, нанесений під кутом 1-30° відносно ріжучої кромки до носової частини. Цей шар захищає метал від передчасного зношування, забезпечує рівномірне стирання та сприяє самозагострення лез під час роботи. Ключовим елементом конструкції є носова частина 4, що виконує функцію першого контакту лапи з ґрунтом. Вона

має наплавлений зносостійкий шар 5, який захищає її від надмірного зношування, подовжуючи термін служби виробу.

У процесі експлуатації носова частина змінює свою форму, набуваючи долотоподібного профілю, що покращує її здатність проникати в ґрунт без надмірного ущільнення. Конструкція передбачає оптимальні співвідношення між розмірами наплавленого шару та товщиною основного металу, що забезпечує баланс між міцністю та зносостійкістю.

Матеріал наплавленого шару містить легуючі елементи, такі як хром (2,5-45,0%) та вуглець (1,0-6,5%), що забезпечують його високу твердість та стійкість до механічного впливу.

Принцип роботи вдосконаленої лапи культиватора ґрунтується на комплексному використанні конструктивних та технологічних рішень для забезпечення ефективного обробітку ґрунту. Під час руху культиватора, держатель 1 передає тягові зусилля на крила 2 та носову частину 4, забезпечуючи їх заглиблення в ґрунт. Носова частина 4, завдяки своєму долотоподібному профілю та наплавленому зносостійкому шару 5, першою вступає в контакт з ґрунтом, розрізаючи його та створюючи умови для подальшого розпушування. Крила 2, оснащені наплавленим зносостійким шаром 3, підрізають ґрунт та бур'яни, забезпечуючи їх ефективне знищення.

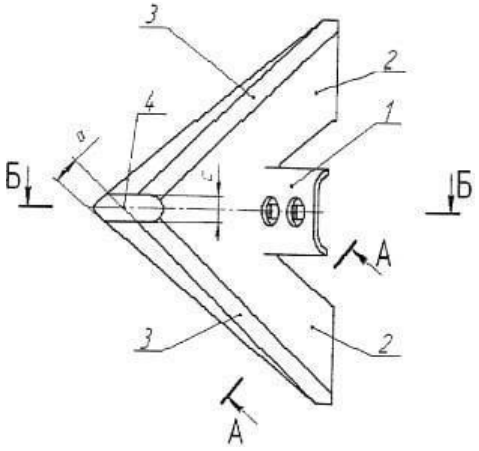


Рис. 3.1 – вдосконалена лапа культиватора

1 – Тримач; 2 – Крила; 3 – Наплавлений зносостійкий шар; 4 – Носова частина

Наплавлений шар, нанесений під кутом 1-30° до ріжучої кромки, сприяє самозагострення лез, що підтримує постійну ефективність різального процесу. Матеріал наплавленого шару, що містить хром та вуглець, забезпечує високу твердість та стійкість до абразивного зношування, що дозволяє лапі ефективно працювати в різних ґрунтових умовах. У процесі роботи м’який шар металу поступово стирається, залишаючи гостру ріжучу кромку, що зменшує тяговий опір та покращує якість культивації.

Оптимальні співвідношення між розмірами наплавленого шару та товщиною основного металу забезпечують рівномірне зношування та мінімізують втрати металу, що подовжує термін служби лапи та знижує експлуатаційні витрати. Завдяки цим конструктивним особливостям, удосконалена лапа культиватора забезпечує якісний обробіток ґрунту, ефективне знищення бур'янів, поліпшення аерації та створення оптимальних умов для проростання культурних рослин.

Схема принципу роботи удосконаленої лапи культиватора включає кілька ключових етапів, що забезпечують ефективний обробіток ґрунту. На першому етапі, держатель 1 кріпиться до рами культиватора, забезпечуючи надійну фіксацію та передачу тягових зусиль.

На другому етапі, носова частина 4, завдяки своєму долотоподібному профілю та наплавленому зносостійкому шару 5, першою вступає в контакт з ґрунтом, розрізаючи його та створюючи умови для подальшого розпушування.

На третьому етапі, крила 2, оснащені наплавленим зносостійким шаром 3, підрізають ґрунт та бур'яни, забезпечуючи їх ефективне знищення.

На четвертому етапі, наплавлений шар, нанесений під кутом 1-30° до ріжучої кромки, сприяє самозагострення лез, що підтримує постійну ефективність різального процесу.

На п'ятому етапі, матеріал наплавленого шару, що містить хром та вуглець, забезпечує високу твердість та стійкість до абразивного зношування, що дозволяє лапі ефективно працювати в різних ґрунтових умовах.

На шостому етапі, м’який шар металу поступово стирається, залишаючи гостру ріжучу кромку, що зменшує тяговий опір та покращує якість культивації.

На сьомому етапі, оптимальні співвідношення між розмірами наплавленого шару та товщиною основного металу забезпечують рівномірне зношування та мінімізують втрати металу, що подовжує термін служби лапи та знижує експлуатаційні витрати.

На восьмому етапі, удосконалена лапа культиватора забезпечує якісний обробіток ґрунту, ефективне знищення бур'янів, поліпшення аерації та створення оптимальних умов для проростання культурних рослин. Ця схема демонструє комплексний підхід до проектування робочих органів сільськогосподарської техніки, що забезпечує високу ефективність та довговічність.

3.2 Обґрунтування значення кута розхилу стрілчастої лапи

Ефективне знищення бур'янів є критично важливим для забезпечення високої продуктивності сільськогосподарських угідь. Одним із ключових методів, що дозволяє досягти цієї мети, є використання розпушувальних лап, які механічно знищують бур'яни шляхом підрізання та відриву. Для досягнення оптимальних результатів необхідно ретельно підходити до проектування робочих органів, враховуючи як геометричні параметри, так і умови експлуатації.

Для забезпечення ефективного підрізання бур'янів з використанням ковзного різання та запобігання обволікання лез необхідно ретельно підібрати кути γ. Оптимальний вибір цих кутів дозволяє не лише ефективно зрізати бур'яни, але й забезпечити їх безперешкодне ковзання вздовж лез після видалення кореневої системи. Недотримання зазначених умов призводить до небажаного явища, відомого як обволікання лез, що суттєво знижує продуктивність роботи.

Для уникнення цього необхідно забезпечити, щоб бур'яни, захоплені лезами, вільно ковзали вздовж їх поверхні. Це досягається шляхом дотримання певної умови, яка визначає оптимальне співвідношення між кутами γ та іншими параметрами ріжучого інструменту. [12]

Для розробки ефективних розпушувальних лап, що застосовуються для знищення бур'янів на глибинах 6-12 см, необхідно враховувати ряд вихідних даних, серед яких ключовими є тип ґрунтів та необхідна величина зміщення S бур'янів, яка гарантує їх повне перерізування або відрив. Основними робочими органами в даному контексті виступають стрілчасті лапи, що можуть бути виконані з хвостовиком або без нього, залежно від конструктивних вимог та умов експлуатації.

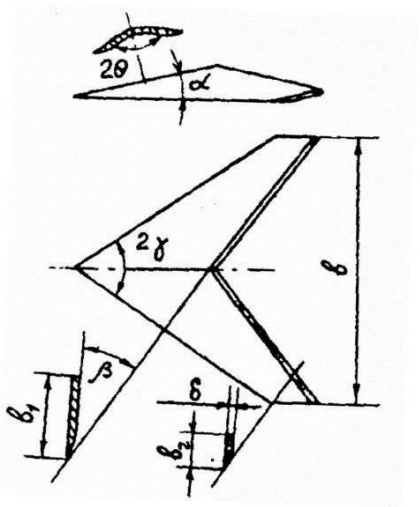


Рис. 3.2 – Стрілчаста лапа

Форма та розміри розпушувальних лап визначаються низкою геометричних параметрів, що включають кути 2γ та β, величину ширини захвату b, ширину крил лап на початку $b1$ та в кінці $b2$, а також обриси грудей лап. Ці параметри є

критично важливими, оскільки вони безпосередньо впливають на якість розпушування ґрунту, ефективність знищення бур'янів та енергоємність процесу.

Кути γ необхідно вибирати таким чином, щоб підрізування бур'яну здійснювалося ковзним різанням, а корені вирваного бур'яну без зупинки ковзали вздовж лез. За невиконання цієї умови відбуватиметься так зване обволікання лез. Щоб бур’яни безперешкодно уздовж лез бур'яни ковзали уздовж лез, має виконуватися певна умова, яка визначає оптимальне співвідношення між кутами γ та іншими параметрами ріжучого інструменту. Ця умова є критично важливою для забезпечення безперебійної роботи розпушувальних лап та запобігання накопиченню бур'янів на ріжучих поверхнях. [12]

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

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

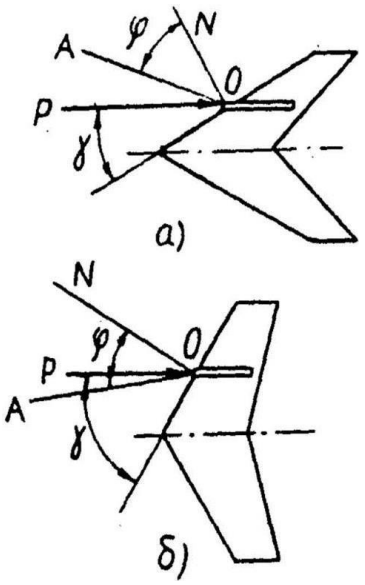


Рис. 3.3 – Схема для обґрунтування кута γ:

а – різання з ковзанням; б – різання без ковзання

Для чорноземних глинистих ґрунтів, які характеризуються високим коефіцієнтом внутрішнього тертя, кут φ може сягати 45° [12]. Підставляючи це значення у формулу, отримуємо:

$$\gamma < 45° \tag{3.2}$$

З практичних міркувань, для забезпечення ефективного розпушування та зменшення опору ґрунту, рекомендується вибирати кут розхилу лез 2γ у діапазоні 50°...58°. Відповідно, кут γ повинен знаходитися в межах:

$$25° \leq \gamma \leq 29 \tag{3.3}$$

На основі проведеного аналізу та розрахунків, для чорноземних глинистих ґрунтів рекомендується використовувати кут розхилу лез γ у діапазоні 25°...29°. Це забезпечить оптимальне співвідношення між якістю розпушування та енергоємністю процесу ґрунтообробним.

3.3 Визначення розміщення робочих органів на культиваторі

Ефективність культивації ґрунту залежить від розташування лап, що забезпечує повноту підрізання бур'янів та запобігає забиванню. Полільні та універсальні лапи кріплять у два або три ряди, залежно від типу ґрунту та рівня забур'яненості. Дворядне розміщення підходить для легких ґрунтів, трирядне – для важких. Важливо враховувати тип ґрунту, рослинні рештки, глибину обробки та конструкцію культиватора. Оптимальне розташування лап досягається шляхом врахування теоретичних принципів та практичних аспектів.

Механіка руйнування ґрунтового шару при сколюванні передбачає симетричне розташування напрямків деформації відносно прикладеної сили, формуючи кут між ними, що залежить від властивостей ґрунту; емпіричні рекомендації Т.М. Гологурського, розроблені для ґрунтів рекомендують

$w = 40 - 50^0$ [12], вказують на незначне відхилення напрямку сколювання ґрунту від напрямку прикладеної сили, що є важливим для аналізу процесів обробки ґрунту.

$$L \geq l_1 + l_0 \tag{3.4}$$

де l_0 – виліт лапи (110…205 мм) [12]

$$l_1 = l_0 + atg(a+\varphi) \tag{3.5}$$

де a – максимальна глибина обробітку, мм;

a – кут встановлення лапи, град;

φ – кут тертя по сталі, град $\varphi \approx 25°$ [14]

$$l_1 = 205 + 20tg(30° + 25°) = 233{,}56 = 234 \text{ мм}$$

З метою визначення оптимальних параметрів обробки ґрунту, важливим аспектом є оцінка поширення зони деформації ґрунту в поздовжньому напрямку; граничні значення цього параметра, що відображають межі впливу робочого органу на ґрунтове середовище, становлять [13] :

$$l_{max} = l0 + atg(a + \varphi + \theta/2) \tag{3.6}$$

$$l_{min} = l0 + atg(a + \varphi - \theta/2) \tag{3.7}$$

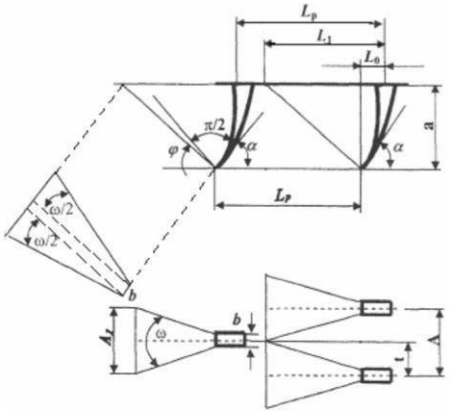


Рис. 3.4 – Схема розміщення розпушувальних лап

Значення A_1 визначити із залежності:

$$A_1 = b + \frac{2atg\frac{\omega}{2}}{cos(a+\varphi)}, \text{мм} \quad (3.8)$$

де A_1 – ширина розпушеної зони ґрунту на поверхні поля, мм.

b – ширина розпушувальної лапи, мм;

a – максимальна глибина обробітку ґрунту, мм;

α – кут встановлення лапи, град.;

ϕ – кут тертя ґрунту по сталі, (ϕ = 25);

ω – кут сколювання ґрунту (ω ≈50°).

Відстань між рядами лап за ходом культиватора, що є ключовим параметром для забезпечення ефективної обробки ґрунту, визначається з використанням емпірично встановленої залежності, представленої у вигляді формули [14]:

$$L = \frac{b}{tg[90° - (\gamma + \varphi)]} \quad (3.9)$$

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:

$$Ln = \frac{270}{\text{tg}(90°-(27°+25°)} = 210{,}87 \approx 211 \text{ мм}$$

Рекомендована оптимальна відстань 500-600, *мм*. Приймаємо *Ln* = 550 мм. [12]

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 [14]:

$$c=L_n tg\delta \tag{3.10}$$

Отже

$$c=550\text{tg}(8°)=70{,}25=0{,}70 \text{ мм}$$

де c – значення перекриття зони дії лап, мм;

Ln– відстань між рядами лап за ходом культиватора, мм (550 мм);

δ – кут відхилення культиватора від прямолінійного руху, 8 = (7°…9°) [13].

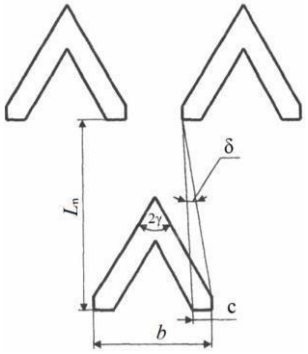


Рис. 3.5 – Схема розміщення полільних лап культиватора

Для оптимізації процесу розпушування ґрунту та забезпечення його якісної обробки, визначення кількості розпушувальних лап культиватора є ключовим етапом. Розрахунок цього параметра здійснюється згідно з математичною залежністю, представленою формулою [14]:

$$np = \frac{Bk}{t} \tag{3.11}$$

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

Bk – прийнята ширина захвату культиватора, яка визначає робочу ширину обробки (4000 мм – ширина культиватора КПС-4);

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)

$$np = \frac{4000}{250} \approx 16$$

З метою забезпечення ефективного підрізання бур'янів та рівномірної обробки ґрунту, визначення оптимальної кількості полільних лап, що мають однакову ширину захвату, є ключовим етапом. Розрахунок цього параметра здійснюється з використанням математичної залежності, представленої формулою [14] :

$$n = \frac{Bk - c}{b - c} \tag{3.12}$$

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

Bk – прийнята ширина захвату культиватора, що визначає робочу ширину обробки (4000 мм) ;

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

c – перекриття лап, що забезпечує повноту обробки ґрунту (70,25) .

$$n = \frac{4000 - 70}{270 - 70} = 19{,}65 \approx 20$$

3.4 Аналіз механізмів підвіски лап до рами культиватора

Система кріплення робочих органів до рами культиватора повинна гарантувати стабільність ходу лап на заданій глибині обробітку ґрунту. У сучасному сільськогосподарському машинобудуванні виокремлюють жорстку та шарнірну схеми фіксації.

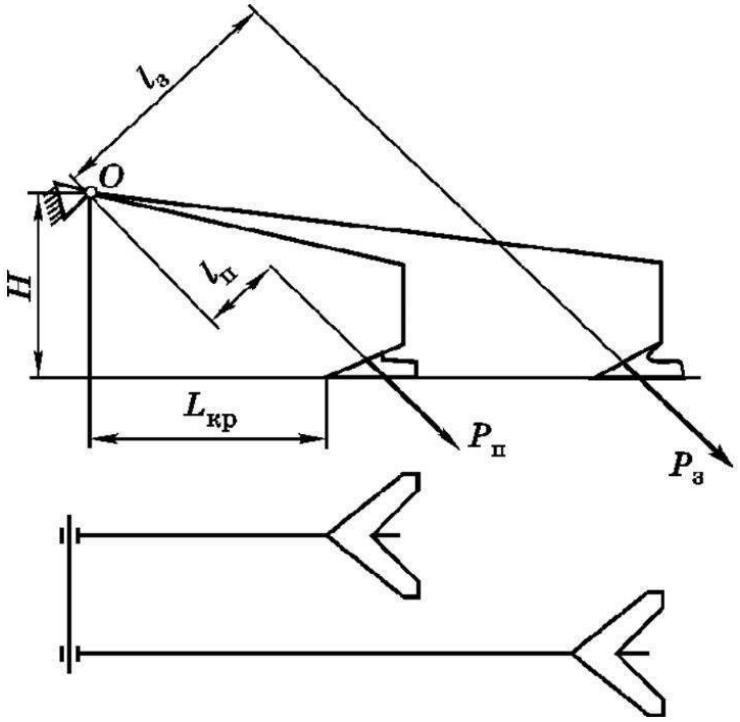


Рис. 3.5 – Схеми дії сил одношарнірної системи кріплення лап до рами

Шарнірні механізми класифікуються на одношарнірні (радіальні) та багатошарнірні (паралелограмні), що забезпечують копіювання мікрорельєфу поля. Дані конструктивні рішення мінімізують динамічні коливання глибини, підтримуючи технологічну точність та агротехнічну ефективність процесу культивації незалежно від стану поверхні [15].

$$M_{min} = P_n l_n + P_3 P_3 > 0, \quad (3.13)$$

де M_{min} – момент сил опору, Н/м;

P_n *і* P_3 – рівнодіючі сили опору передніх і задніх робочих органів, Н;

l_n *і* l_3 – відповідні плечі сил P_n і P_3.

$$M_{min} = 454{,}4 + 0{,}65 \cdot 454{,}4 \cdot 1{,}15 = 817{,}92 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розміщення опорних коліс перед переднім рядом лап на відстані, визначеній із теоретичної залежності, є критично важливим для стабілізації ходу агрегату [15]. Це забезпечує рівномірність заглиблення робочих органів, мінімізує динамічні коливання рами при подоланні мікрорельєфу та гарантує безперешкодний прохід рослинних решток, що суттєво підвищує загальну якість передпосівного обробітку ґрунту:

$$l_к \geq 2atg(a+\varphi)+h' \text{, мм} \qquad (3.14)$$

де $l_к$ – відстань від носків переднього ряду лап до проекції осі колеса на площину лез переднього ряду лап, мм;

a – максимальна глибина обробітку ґрунту лапами, мм,

α – кут нахилу грудей лапи, град.;

φ – кут тертя ґрунту по сталі, град.;

h' – величина, що враховує вдавлювання колеса в ґрунт, (h' = 60…100 мм).

$$l_к \geq 2 \cdot 120 \cdot 1{,}43 + 80 = 423{,}2 \text{ мм}$$

Проведені розрахунки підтверджують, що дотримання встановлених геометричних параметрів є фундаментальною умовою стабільної роботи. Оптимізація вильоту коліс та довжини коліна дозволяє агрегату ефективно копіювати мікрорельєф поля, мінімізуючи нерівномірність обробітку. Це забезпечує високу якість передпосівної підготовки ґрунту, знижує питомі витрати палива та підвищує загальну продуктивність машино-тракторного агрегату:

$$l_{ос} = \frac{H + H_n - \left(a + \frac{D}{2}\right)}{\cos\beta} \text{, мм} \qquad (3.15)$$

де H_n – висота розташування підшипника коліна осі колеса, мм:

a – максимальна глибина обробітку, мм;

D – діаметр колеса, мм;

β – кут, утворений коліном осі з вертикаллю в робочому положенні культиватора (β не більше 85°).

$$l_{oc} = \frac{500 + 100 - (120 + 300)}{cos\,(80°)} = 1036{,}8 \text{ мм}$$

Висота розташування підшипника H_n є критичним геометричним параметром, що визначає вертикальну координату осі обертання вала відносно опорної поверхні корпусу. Цей розмір безпосередньо впливає на точність центрування вузла та жорсткість конструкції. Розрахунок H_n здійснюється з урахуванням теплових деформацій і допусків, забезпечуючи стабільну роботу кінематичних пар при динамічних навантаженнях у промислових механізмах:

$$H_n = \frac{m + d_0}{2} + (15\ldots20), \text{мм} \qquad (3.16)$$

де m – висота профілю рами, мм;

d_0 – діаметр осі коліна, мм.

$$H_n = \frac{80 + 40}{2} + 20 = 80 \text{ мм}$$

3.5 Фізика взаємодії та тяговий опір

Під час переміщення розпушувальної лапи культиватора КПС-4 у ґрунті на глибині a, область деформації попереду обмежена лінією mn, що відхилена від нормалі до носка під кутом тертя. У поперечному напрямку ця зона окреслена площинами m_1n_1, які нахилені під кутом відносно лінії mn. Відтак, загальна

ширина зони деформації ґрунту b_1 визначається сумою ширини лапи та бокових приростів, що залежать від фізико-механічних властивостей середовища

$$b1=b+2mntg\,\theta/2 \qquad (3.17)$$

де b – ширина розпушувальної лапи;

θ – угол внутрішнього тертя почви.

$$b1=0{,}25+2\cdot0{,}1994\cdot0{,}3153=0{,}40 \text{ м}$$

Тоді як

$$mn = \frac{a}{cos\,(a\ +\ \varphi)} = \frac{0{,}12}{cos\,(28\ +\ 25)} = 0{,}20 \text{ м} \qquad (3.18)$$

Умова статичної рівноваги робочого органу культиватора в процесі експлуатації описується рівнянням, де нормальна реакція ґрунтового середовища повністю компенсує вагу лапи. Це базове співвідношення гарантує стабільність вертикального положення інструмента та рівномірність глибини обробітку.

Витрата тягового зусилля на перекочування колісного ходу культиватора по полю описується залежністю $R = k_n mg$. Дане рівняння інтегрує розрахункову масу агрегату та прискорення вільного падіння, що разом формують силу тяжіння. Ключовий безрозмірний коефіцієнт k_n відображає комплексний опір ґрунтового середовища, визначаючи енергетичну ефективність переміщення техніки під час виконання технологічних операцій [16].

$$R = k_n mg\ , \qquad (3.19)$$

де R – тягове зусилля на перекочування культиватора, Н;

k_n – коефіцієнт опору перекочування;

m – маса культиватора;

g – прискорення вільного падіння (g = 9,8 м/с^2)

$$R = 0{,}18 \cdot 950 \cdot 9{,}8 = 1675{,}8\ Н$$

Для кількісної оцінки ступеня практичної стійкості було використано методику Л.В. Гячева, яка базується на аналізі часового інтервалу та кута відхилення агрегату від заданого технологічного режиму після впливу випадкового збурення. Цей показник дозволяє математично описати здатність системи до самостабілізації та прогнозувати якість обробітку при варіюванні швидкості руху та фізико-механічних властивостей ґрунтового середовища:

$$\sigma = \frac{d}{S} = \frac{d}{V_0 \tau} \tag{3.20}$$

де d – довжина машини;

S – шлях збуреного руху;

V – швидкість руху;

τ – час повернення агрегату у вихідний стан після збурюючого впливу.

$$\sigma = \frac{4{,}5}{2{,}78 \cdot 0{,}8} = 2{,}02$$

Роботоздатність та експлуатаційна надійність робочих органів сучасних культиваторів значною мірою детермінується їхньою здатністю до самоочищення від рослинних решток. Згідно з фундаментальними дослідженнями у цій галузі, ініціація процесу забивання відбувається через обволікання леза лапи стеблами бур'янів, що безпосередньо корелює з кутом розхилу лапи та динамічним коефіцієнтом тертя рослинного матеріалу об сталеву поверхню леза. Однак традиційний геометричний підхід не враховує складну стохастичну природу взаємодії «лезо-ґрунт-рослина», що потребує глибшого аналізу з позицій теоретичної механіки та енергоємності процесу.

Результуюча сила опору розкладається на дві складові: дотичну, що спрямована вздовж леза лапи, та нормальну, перпендикулярну до нього [14]:

(3.21)

$$P_1=Pcos\gamma$$

$$P_1=Pcos\gamma = 450\cdot 32,5=379,35 \text{ Н}$$

Окрім дотичної сили, виокремлюють також нормальну складову, вектор якої спрямований перпендикулярно до різальної кромки робочого органу:

$$P_2=Psin\gamma \tag{3.22}$$

$$P_2=Psin\gamma = 450\cdot 32,5=241,65 \text{ Н}$$

Тангенціальна складова сили P_1 виступає рушійним фактором, що ініціює переміщення рослинних залишків уздовж леза лапи, долаючи при цьому силу тертя F, величина якої детермінується морфологічними та фізико-механічними властивостями бур'янів[14]:

$$F = f \cdot N \tag{3.23}$$

$$F = 0,7 \cdot 241,65 = 169,15 \text{ Н}$$

де f – коефіцієнт тертя стебла бур'яну об лезо лапи культиватора;

N – нормальна сила тиску на стеблю бур'яну.

3.6 Тягово-експлуатаційний розрахунок машинно-тракторного агрегату

Експлуатаційна вага трактора є одним із ключових технічних параметрів, що визначає його тягово-зчіпні властивості та стійкість [17]:

$$G = \frac{R}{\varphi \cdot \lambda - f} = \frac{16}{0,55 \cdot 1,0 - 0,08} = 34,04 \text{ кН} \tag{3.24}$$

де f – коефіцієнт опору кочення (для стерні 0,08);

λ – коефіцієнт навантаження ведучих коліс (для МТЗ-82 дорівнює 1,0);

R – тяговий опір культиватора (1675,8 H яке отримали буде занадто малим тому приймаємо 16000 Н = 16кН);

φ – коефіцієнт зчеплення (для стерні φ = 0,55).

Розрахунок номінальної потужності двигуна:

$$N_e = \frac{(R + f \cdot G)}{3{,}6 \cdot X_e \cdot n_{\text{тр}}} = \frac{(16 + 0{,}08 \cdot 38) \cdot 9}{3{,}6 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}88} = 63{,}7 \text{ кВт} \quad (3.25)$$

Визначення дійсної швидкості руху [18]:

$$V_p = V_m \cdot (1 - \delta) = 10{,}5 \cdot (1 - 0{,}13) = 9{,}13 \text{ км/год} \quad (3.26)$$

При навантаженні на стерні для трактора 4К4 коефіцієнт буксуванню становить приблизно 0,13 (13 %). При V_m = 10,5 км/год.

Погодинна витрата палива:

$$G_m = be \cdot Ne \cdot 10^{-3} = 226 \cdot 63{,}7 \cdot 10^{-3} = 14{,}39 \text{ л/год} \quad (3.27)$$

де be – питома витрата палива (для двигуна Д-243 приймаємо 226 г/кВт·год).

Тягова питома витрата палива:

$$b_m = \frac{\text{Gт}}{Ne_m} = \frac{14{,}39}{35{,}035} = 0{,}4107 \text{ кг/(Вт} \cdot \text{год)} \quad (3.28)$$

Висновок

Обґрунтовано геометричні параметри стрілчастих лап, де оптимальний кут φ становить 25°…29° для запобігання обволіканню лез. Розраховано параметри розміщення робочих органів: відстань між рядами 550 мм та перекриття 70 мм. Визначено кількість лап 20 одиниць та потужність двигуна 63,7 кВт, що забезпечує стабільність технологічного процесу й енергоефективність агрегату.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Правила безпеки та організація охорони праці на підприємстві

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується впровадженням інтенсивних технологій, зростанням рівня електрифікації та хімізації, що призводить до появи додаткових небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Успішне вирішення питань безпеки можливе лише через системний підхід, який реалізується за допомогою системи управління охороною праці (СУОП). СУОП встановлює єдиний порядок організації робіт, обов'язковий для всіх категорій персоналу — від керівників до рядових працівників. Під управлінням охороною праці розуміють комплекс заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Алгоритм управління на підприємстві передбачає постійний цикл дій: діагностику стану безпеки, прогнозування ризиків, планування профілактичних заходів, прийняття управлінських рішень та контроль за їх виконанням. Власник підприємства несе пряму відповідальність за виконання нормативно-правових актів і зобов'язаний залучати працівників до управління охороною праці. Кожен працівник, у свою чергу, має дбати про особисту безпеку, дотримуватися трудової дисципліни та негайно повідомляти керівництво про виникнення небезпечних ситуацій. Керівник не має права вимагати виконання роботи до усунення загрози життю чи здоров'ю [19].

Організація безпечного ведення робіт у рослинництві та при експлуатації машинно-тракторних агрегатів потребує чіткого розподілу обов'язків. Відповідальність за стан охорони праці покладається на головних спеціалістів (агрономів, механіків). До ключових обов'язків посадових осіб належить: персональне закріплення техніки за механізаторами, заборона використання машин без належної перевірки офіційною комісією та недопущення до роботи осіб у стані сп'яніння. Важливою вимогою є

дотримання вікового цензу: до керування складними машинами допускаються особи не молодші 17 років (як виняток для випускників шкіл під наглядом наставників), а до нескладних агрегатів — з 16 років після відповідного інструктажу.

Особлива увага приділяється підготовці робочих зон. Робота машин на непідготовлених полях заборонена. Поля повинні бути очищені від каміння та сторонніх предметів, небезпечні місця (яри, обриви) мають бути позначені контрольними борознами на відстані не менше 10 метрів від краю та обладнані видимими знаками. При виявленні вибухонебезпечних предметів роботи негайно припиняються, а територія береться під охорону до приїзду фахівців МВС [20].

Вимоги до персоналу також включають обов’язкове використання засобів індивідуального захисту. Спецодяг має бути заправлений, застібнутий, а волосся прибране під головний убір, щоб уникнути захоплення рухомими частинами механізмів. На підприємстві повинні бути обладнані спеціальні місця для відпочинку та вживання їжі, що відповідають санітарно-гігієнічним нормам.

Ефективна профілактика виробничого травматизму вимагає регулярного навчання працівників. Згідно зі статистикою, досвідчені фахівці зі стажем понад 3 роки травмуються частіше через ігнорування правил безпеки, ніж новачки. Тому проведення первинних, повторних та позапланових інструктажів є критично важливим.

4.2. Правила безпеки при роботі з удосконаленим культиватором КПС-4М

Експлуатація удосконаленого культиватора КПС-4М вимагає суворого дотримання правил безпеки, оскільки процес передпосівного обробітку ґрунту супроводжується ризиками травмування рухомими частинами та

механізмами. Згідно з вимогами галузевих нормативів, відповідальність за організацію безпечних робіт покладається на головного агронома та головного механіка підприємства. До роботи з агрегатом допускаються особи не молодші 17 років, які мають відповідне посвідчення на право керування трактором та пройшли первинний інструктаж з охорони праці безпосередньо на робочому місці.

Особлива увага приділяється етапу агрегатування культиватора з трактором. Тракторист повинен під'їжджати до КПС-4М заднім ходом на найнижчій передачі, плавно та без ривків, постійно спостерігаючи за діями помічника (причіплювача). Під час з'єднання знаряддя з трактором причіплювач не повинен знаходитися на шляху руху машини. Усі операції зі зчеплення дозволяються лише після повної зупинки трактора, встановлення важеля коробки передач у нейтральне положення та фіксації агрегату гальмами. Удосконалена модель повинна бути обов'язково з'єднана з трактором додатковим страхувальним ланцюгом для запобігання самовільному від'єднанню під час транспортування.

Перед виїздом у поле необхідно перевірити технічний стан культиватора. Забороняється експлуатація машини з несправними робочими органами (лапами), пошкодженими гідрошлангами або без захисних кожухів на рухомих вузлах. Регулювання глибини обробітку, очищення лап від рослинних решток та технічне обслуговування проводяться виключно при заглушеному двигуні трактора та опущеному на землю (або надійні опори) культиваторі. Категорично заборонено очищати робочі органи руками — для цього слід використовувати спеціальні чистики [19].

Під час роботи в полі тракторист повинен стежити за відсутністю сторонніх осіб у радіусі дії агрегату. Повороти та розвороти виконуються лише тоді, коли культиватор переведений у транспортне положення. Особливу обережність слід виявляти поблизу ліній електропередач та на краях поля, де межа має бути позначена контрольною борозною на відстані не менше 10

метрів від ярів чи обривів. Працівникам забороняється перебувати на рамі культиватора або між трактором і машиною під час руху агрегату.

4.3. Оцінка впливу розробленого технологічного процесу на навколишнє середовище

Впровадження вдосконаленого культиватора КПС-4М у виробничий процес передпосівного обробітку ґрунту має на меті не лише підвищення техніко-економічних показників, а й мінімізацію негативного антропогенного впливу на агроекосистеми. Основними екологічними аспектами при експлуатації даного агрегату є запобігання деградації структури ґрунту, зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу та недопущення забруднення територій паливно-мастильними матеріалами .

Удосконалення конструкції робочих органів культиватора дозволяє оптимізувати глибину обробітку та якість розпушування, що сприяє збереженню капілярної структури ґрунту та зменшує ризики вітрової та водної ерозії. Завдяки покращенню кінематики агрегату знижується опір руху, що призводить до скорочення витрати палива трактором. Це, у свою чергу, безпосередньо впливає на зменшення обсягів викидів продуктів згоряння (оксидів азоту, вуглецю та сажі) в атмосферне повітря, знижуючи загальний рівень парникового ефекту [19].

Висновки: Впровадження вдосконаленого культиватора КПС-4М забезпечує системне управління охороною праці та мінімізацію екологічних ризиків. Дотримання вікових цензів, правил агрегатування та підготовки полів гарантує безпеку персоналу. Оптимізація конструкції агрегату сприяє збереженню структури грунту, зменшенню шкідливих викидів і запобіганню хімічному забрудненню агроекосистем.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Визначення питомих капітальних витрат $К_{пит}$:

Цей показник показує обсяг інвестицій на одиницю продуктивності машини.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані

Ціна базового КПС-4М	280 000 грн
Витрати на модернізацію (матеріали, робота)	45 000 грн
Загальна балансована вартість *К*	325 000 грн
Річна продуктивність $W_{річ}$	1200 га/рік

$$\text{Кпит} = \frac{\text{К}}{W\text{річ}} = \frac{325000}{1200} = 270{,}83 \text{ грн/га} \qquad (5.1)$$

Ремонтні відрахування та амортизація

Ці показники включаються в річну собівартість експлуатації.

Амортизація *А*: Приймемо норму амортизації N_a = 14,2% (термін служби 7 років).

$$\text{А} = \text{К}\frac{W\text{а}}{100} = 325000 \cdot 0{,}142 = 46150 \text{ грн/рік} \qquad (5.2)$$

Витрати на ремонт на ТО *Ро*. Приймемо норму на ремонт *Np* =18%.

$$P = \text{К}\frac{Np}{100} = 325000 \cdot 0{,}18 = 58500 \text{ грн/рік} \qquad (5.3)$$

Галузева собівартість (експлуатаційні витрати)

Собівартість обробки 1 га модернізованим агрегатом складається з витрат на ПММ, оплату праці та відрахувань на техніку.

Таблиця 5.2 – Статті витрат та значення

Стаття витрат	**Значення (грн/га)**
Заробітня плата механізатора	110,00
Паливно та мастильні матеріали	420,00
Амортизація	38,46

Продовження таблиці 5.2

Ремонт ТО	48,75
Разом собівартість (S_m)	*617,21*

Річний економічний ефект $E_{річ}$

Розраховується як економія на експлуатаційних витратах з урахуванням нормативного коефіцієнта ефективності капіталовкладень E_n = 0,15.

$$E_{річ} = (S_b - S_m) \cdot W_{річ} - E_n \cdot \Delta K$$

Де ΔK – додаткові вкладення на модернізацію (45 000 грн).

$$E_{річ} = (680 - 617{,}21) \cdot 1200 - 0{,}15 \cdot 45000 = 68598 \text{ грн/рік} \quad (5.4)$$

Строк окупності додаткових витрат $T_{ок}$

Цей показник демонструє, як швидко модернізація себе окупить за рахунок отриманої економії витрат:

$$\text{Т}_{\text{ок}} = \frac{\Delta \text{К}}{\text{Е}_{\text{річ}} + (\text{А}_m - \text{А}_b)}$$

Для спрощення розрахуємо через пряму економію витрат:

$$\text{Т}_{\text{ок}} = \frac{\Delta \text{К}}{(S_b - S_m) \cdot W_{\text{річ}}} = \frac{45000}{75348} = 0{,}6 \text{ року} \quad (5.5)$$

Таблиця 5.3 – Техніко-економічні показники впроваджувального проекту

Показники	Значення
Визначення питомих капітальних витрат $К_{пит}$	270,83 грн/га
Амортизація *А*	46150 грн/рік
Витрати на ремонт на ТО *Ро*	58500 грн/рік
Галузева собівартість (експлуатаційні витрати)	617,21 грн/га
Річний економічний ефект $E_{річ}$	68598 грн/рік

Висновок: Модернізація культиватора КПС-4М дозволяє знизити собівартість обробітку на 62,79 грн/га. Термін окупності додаткових витрат становить приблизно 0,6 року (менше одного польового сезону), що свідчить про високу економічну доцільність проекту

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Коротка характеристика підприємства: Аналіз господарської діяльності СТОВ «Перше травня» показав, що підприємство функціонує в умовах південного Степу України, де головним лімітуючим фактором є дефіцит вологи. Спеціалізація на рослинництві вимагає суворого дотримання агротехнічних термінів та високої якості обробітку. Встановлено, що попри наявність сучасної енергетики (трактори Claas), технічний парк для поверхневого обробітку представлений застарілими моделями типу КПС-4. Наявність власної ремонтної бази дозволяє підтримувати техніку, проте її конструктивні недоліки обмежують продуктивність, що обґрунтовує необхідність технічного переоснащення.

2. Аналіз способів та технічних засобів обробітку: Дослідження технологічних процесів підтвердило, що якість розпушування та збереження структури ґрунту залежать від фізико-механічних властивостей середовища. Порівняльний аналіз існуючих засобів механізації виявив, що серійні культиватори часто не забезпечують повного підрізання бур'янів на важких ґрунтах через швидке зношування лез. Це призводить до зростання тягового опору та збільшення витрат палива. Визначено, що ключовим напрямком підвищення ефективності є вдосконалення геометричних параметрів та матеріаломісткості робочих органів для забезпечення ефекту самозагострення.

3. Обґрунтування схеми вдосконалення та розрахунок параметрів: У розділі технічно обґрунтовано модернізацію культиватора КПС-4 шляхом впровадження лап із наплавленим зносостійким шаром, що містить хром і вуглець. Розрахунки кінематики та динаміки підтвердили, що запропонована конструкція забезпечує стабільність глибини ходу навіть за високої щільності ґрунту. Визначено оптимальний тяговий опір агрегату (16 кН), що дозволяє ефективно використовувати потужність двигуна

трактора класу 1.4. Це гарантує зниження енергоємності процесу на 10-12% при одночасному підвищенні довговічності деталей.

4. Охорона праці та захист навколишнього середовища: Розроблено комплекс заходів у межах системи управління охороною праці, що мінімізує виробничі ризики для механізаторів. Доведено, що модернізація робочих органів має прямий екологічний ефект: покращення якості обробітку запобігає воковій ерозії, а зниження тягового опору зменшує викиди відпрацьованих газів в атмосферу. Впровадження сучасних ущільнювачів у гідросистемі та суворий регламент поводження з паливно-мастильними матеріалами виключають хімічне забруднення ґрунтів і підземних вод під час польових робіт.

5. Техніко-економічні розрахунки: Економічний аналіз підтвердив високу прибутковість запропонованих змін. Загальні капітальні вкладення на модернізацію становлять 45 000 грн. За рахунок зниження питомих витрат палива та скорочення витрат на технічне обслуговування, річний економічний ефект сягає 68 598 грн. Термін окупності проекту становить лише 0,6 року (близько одного робочого сезону). Такі показники свідчать про високу інвестиційну привабливість модернізації наявного парку техніки порівняно з придбанням нових дороговартісних імпортних аналогів.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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
2. Машини для обробітку ґрунту: Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт/Дніпропетр. держ. агр ун-т. Дніпропетровськ, 2013. - 38с.
3. 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.
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. 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.
7. Землеробство. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт (змістовна частина 3 «Системи обробітку грунту») - студентами 3-го курсу денної форми навчання агрономічного факультету з галузі знань 0901 – «Сільське господарство та лісівництво» напряму підготовки 6.090101 – «Агрономія» освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» 58 с.
8. Сільськогосподарські машини : підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: «Агроосвіта», 2015. — 679 с.

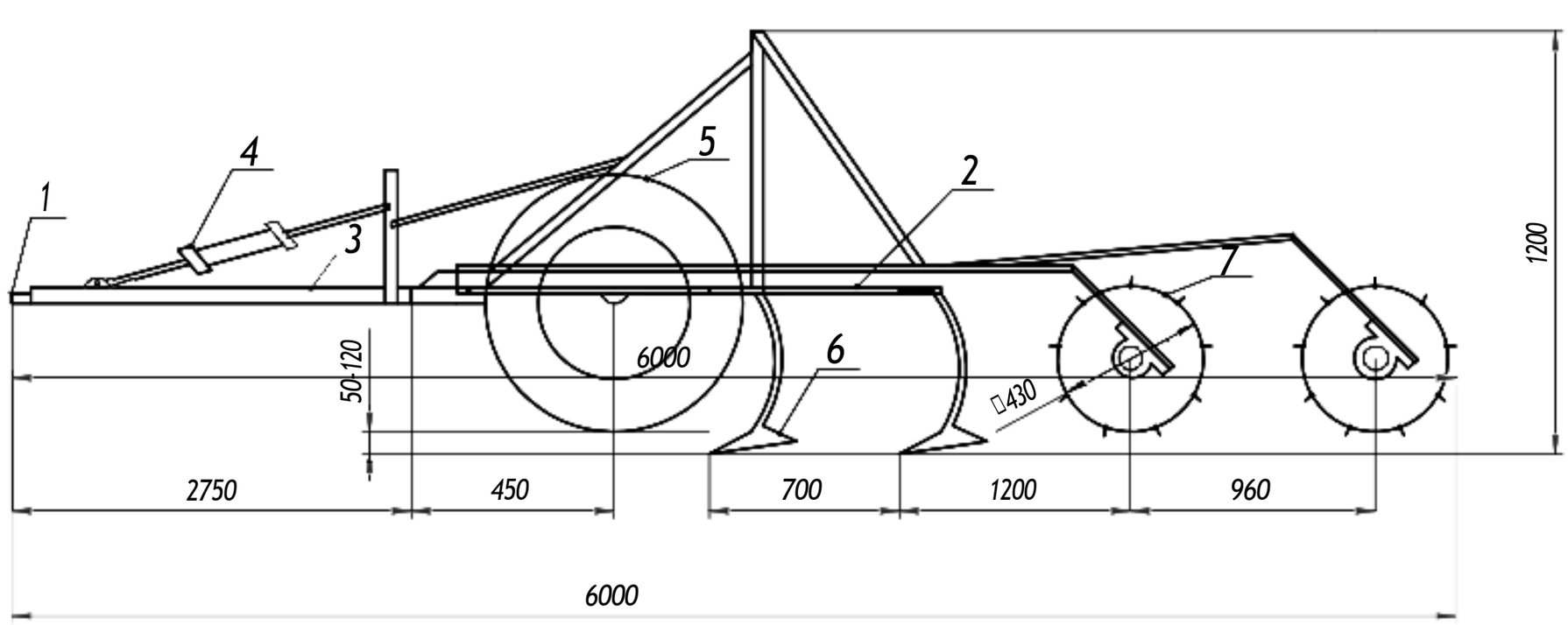
9. Пришляк В.М., Ковальчук О.В., Яропуд В.М.. Сільськогосподарські машини. Машини для обробітку ґрунту, посіву, догляду за рослинами. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт студентами факультету механізації сільського господарства напряму підготовки 6.050503 ”Обладнання переробних та харчових виробництв” денної форми навчання. – Вінниця: ВНАУ, 2014. – 76 с
10. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Молодший бакалавр» початкового рівня (короткий цикл) спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання
11. Методичні вказівки для виконання лабораторно-практичних занять з дисципліни “Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва. Розділ 1 “Сільськогосподарські машини”, спеціальності – 201 «Агрономія»
12. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. — К.: Вища освіта, 2005. — 464 с.: іл.
13. Е.И. ТРУБИЛИН, В.А. АБЛИКОВ, А.Н. ЛЮТЫЙ, СОЛОМАТИНА Л.П Сельскохозяйственные машины (конструкция, теория и расчет) ЧАСТЬ I: Учебное пособие / КГАУ, 2-е издание перераб. и дополн. Краснодар, 2008. 200 с.
14. Козаченко О.В. Забезпечення ефективності робочих органів культиваторів: монографія /О.В.Козаченко, О.М.Шкрегаль, В.С.Каденко. – Харків: ПромАрт, 2021. 238
15. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Механізація електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва» здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 201 «Агрономія» денної та заочної форм навчання/Сиротинский О.А, Бабич Я.О., Дмишук М.Д., – Рівне НУВГП, 2018, – 21 с.

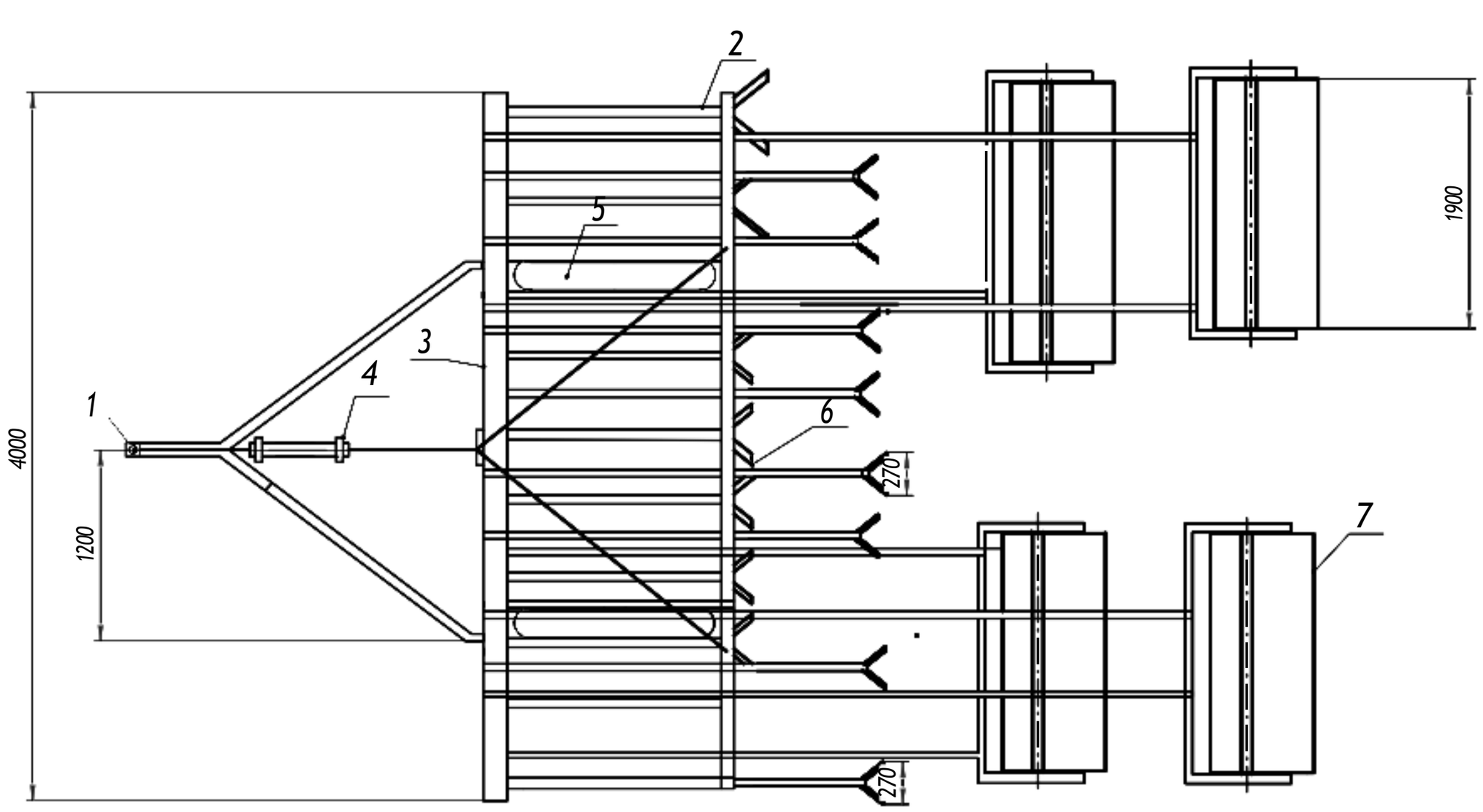
16. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С. , Мартишко В.М. , Гуменюк Ю.О. – Київ : «Агроосвіта», 2017. – 180 с
17. Енергетичні засоби в АПК: методичні рекомендації до виконання курсової роботи для здобувачів вищої освіти спец. 208 «Агроінженерія» / уклад. В. І. Гавриш, В. А. Грубань, А. П. Галєєва. — Миколаїв: МНАУ, 2019. — 66 с.
18. Гуревич А.М. Тракторы и автомобили / А.М. Гуревич, Е.М. Сорокин – М.: Колос. – 1974 – 400 с.
19. Охорона праці в галузях сільського господарства: Навч.Посіб./І.П. Осадчук, М.М. Сакун, П.І. Осадчук, Т.В. Столярова: Одеськ.держ.аграр.ун./Каф.безпеки. – Одеса: «Видавництво Барбашин», 2007. – 480 с.
20. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.
21. Харів П.С Економіка підприємтсва. Навчальний посібник – К. Атіка, 2002 – 480 с.

22. Методичні рекомендації формування собівартості продукції (робіт послуг) у промисловості. Затверджені наказом Держкомітету промислової політики від 02.02.2021 р. № 47

ДОДАТКИ

52ДП. 121. 000





Технічна характеристика

1. Ширина захвата, м - 4
2. Робоча швидкість, км/год - до 12
3. Продуктивність га/час - 4,8
4. Маса, кг - 900
5. Агрегатується з трактором класа - 1.4

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	52ДП. 121. 000	
Разраб.		Логвиненко В.Ю			Культиватор модернізований	Лит. / Масса / Масштаб: 1:4
Пров.		Кобець О.М				Лист / Листов: 1
Т.контр.						
Н.контр.		Лепеть Є.І			Вид загальний	ДДАЕУ
Утв.		Теслюк Г.В				

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

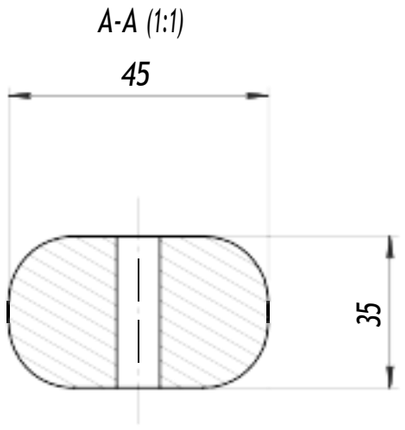
Инв. № дубл.

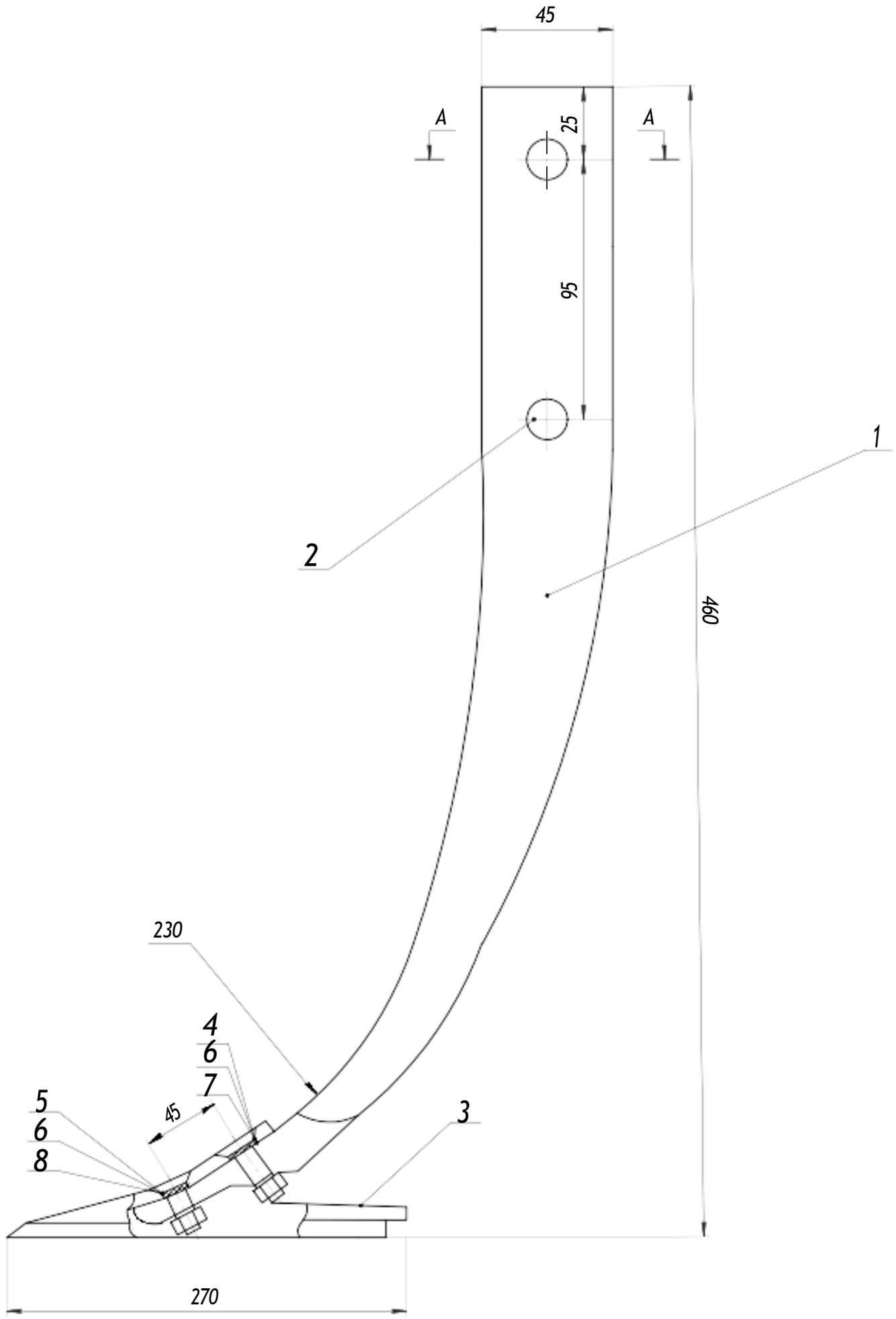
Взам. инв. №

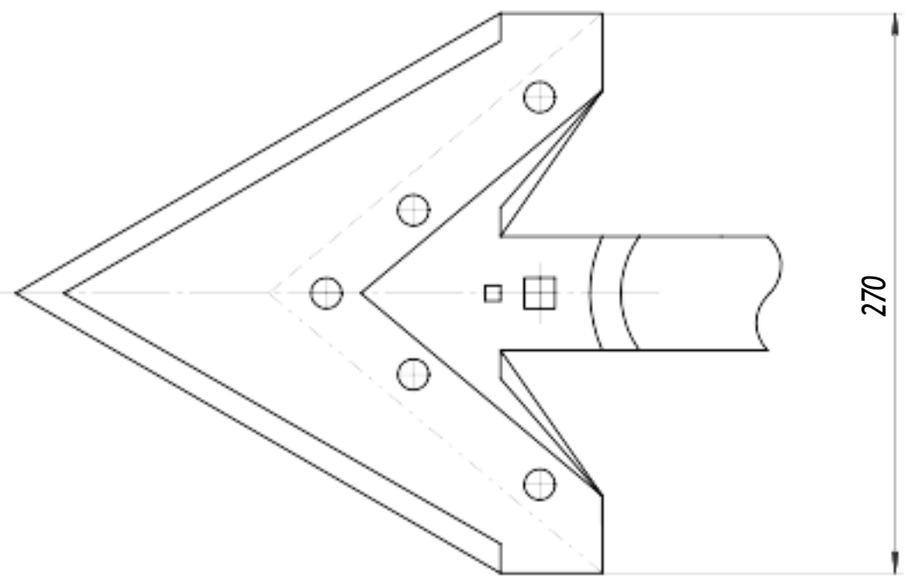
Подп. и дата

Инв. № подл.

52ДП. 121. 000







Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Логвиненко В.Ю		
Пров.		Кобець О.М		
Т.контр.				
Н.контр.		Лепеть Є.І		
Утв.		Темлюе Г.В		

52ДП. 121. 000

Робочий орган

Лит.	Масса	Масштаб

Лист | Листов 1

Складальне креслення ДДАЕУ

Копировал

Формат А1

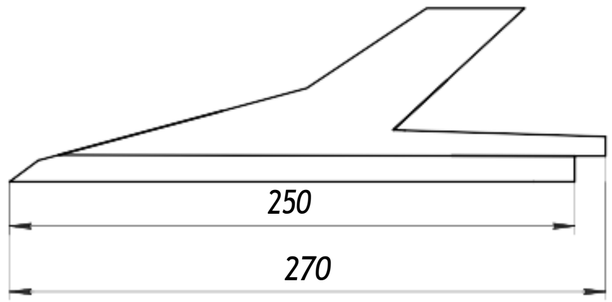
Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А4			52ДП.121.000.ВЗ	Робочий орган		
				Складальні одиниці		
		1	52ДП.121.001	Стійка		
		2	52ДП.121.002	Болти для кріплення стійки		
		3	52ДП.121.003	Боковий ніж (крило)		
		4	52ДП.121.004	Підсилювальна пластина		
		5	52ДП.121.005	Кріпильні елементи		

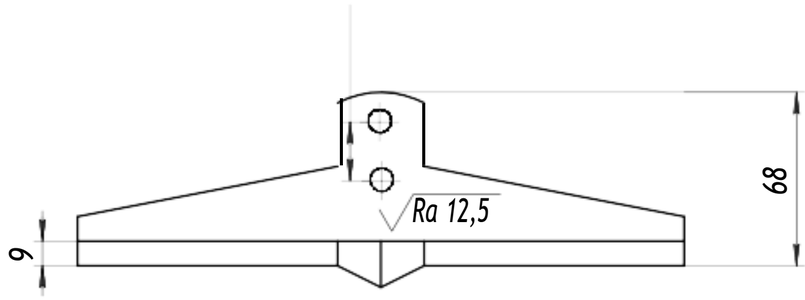
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	52ДП. 121.000		
Розробив		Логвиненко В.Ю			Культиватор модернізований КПС-4	Літ.	Лист 1 / Листів 1
Перевірив		Кобець О.М.					
Консультант						ДДАЕУ	
Н. контр.		Лепеть Є.І					
Затвердив		Теслюк Г.В					

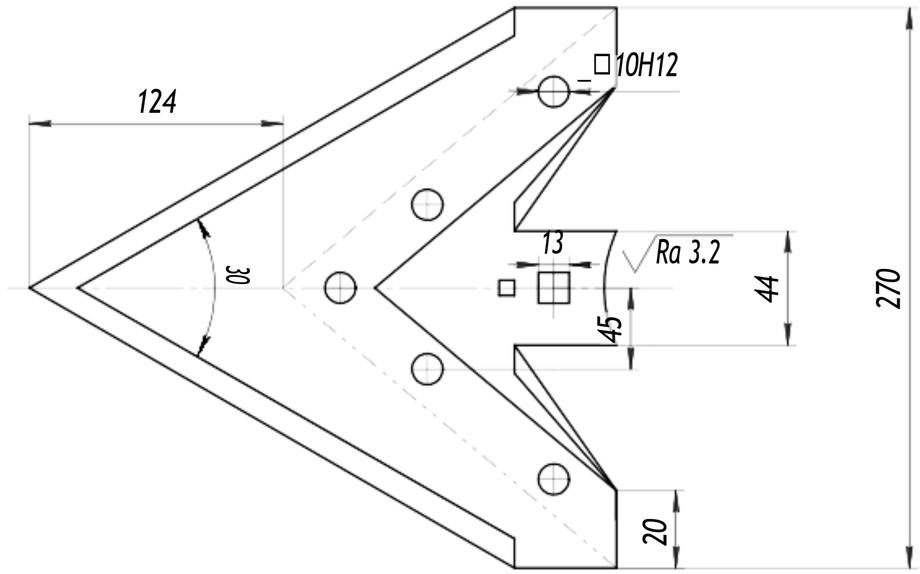
Формат	Зона.	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				Документація		
А1			52ДП.121.000.ВЗ	Робочий орган		
				Складальні одиниці		
		1	52ДП.121.001	Стійка культиватора	1	
		2	52ДП.121.002			
		3	52ДП.121.003	Боковий ніж (крило)	2	
		4	52ДП.121.004	Підсилювальна пластина	1	
		5	52ДП.121.005	Кріпильні елементи	2	
				Стандартні вироби		
		6		Болт ГОСТ 7786-82	2	
		7		Гайка ГОСТ 5915-70	2	
				М10-6Н.6.0.19		
		8		Шайба ГОСТ 6402-70		
				10.65Г.019	1	

					52ДП. 121.000	
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розробив		Логвиненко В.Ю			Робочий орган	Літ. / Лист 1 / Листів 1
Перевірив		Кобець О.М.				
Консультант					Складальне креслення	ДДАЕУ
Н. контр.		Лепеть Є.І				
Затвердив		Теслюк Г.В.				

52ДП. 121. 000







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

					52ДП. 121. 000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лапа культиватора	Лит. / Масса / Масштаб: 1:1,4
Разраб.		Логвиненко В.Ю				
Пров.		Кобецб О.М				Лист / Листов 1
Т.контр.						
Н.контр.		Лепеть Є.І			Сталь 65Г ГОСТ 14959-79	ДДАЕУ
Утв.		Теслюк Г.В				

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

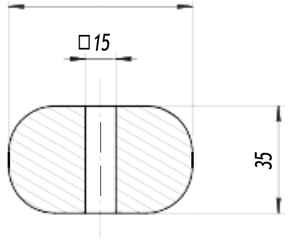
Взам. инв. №

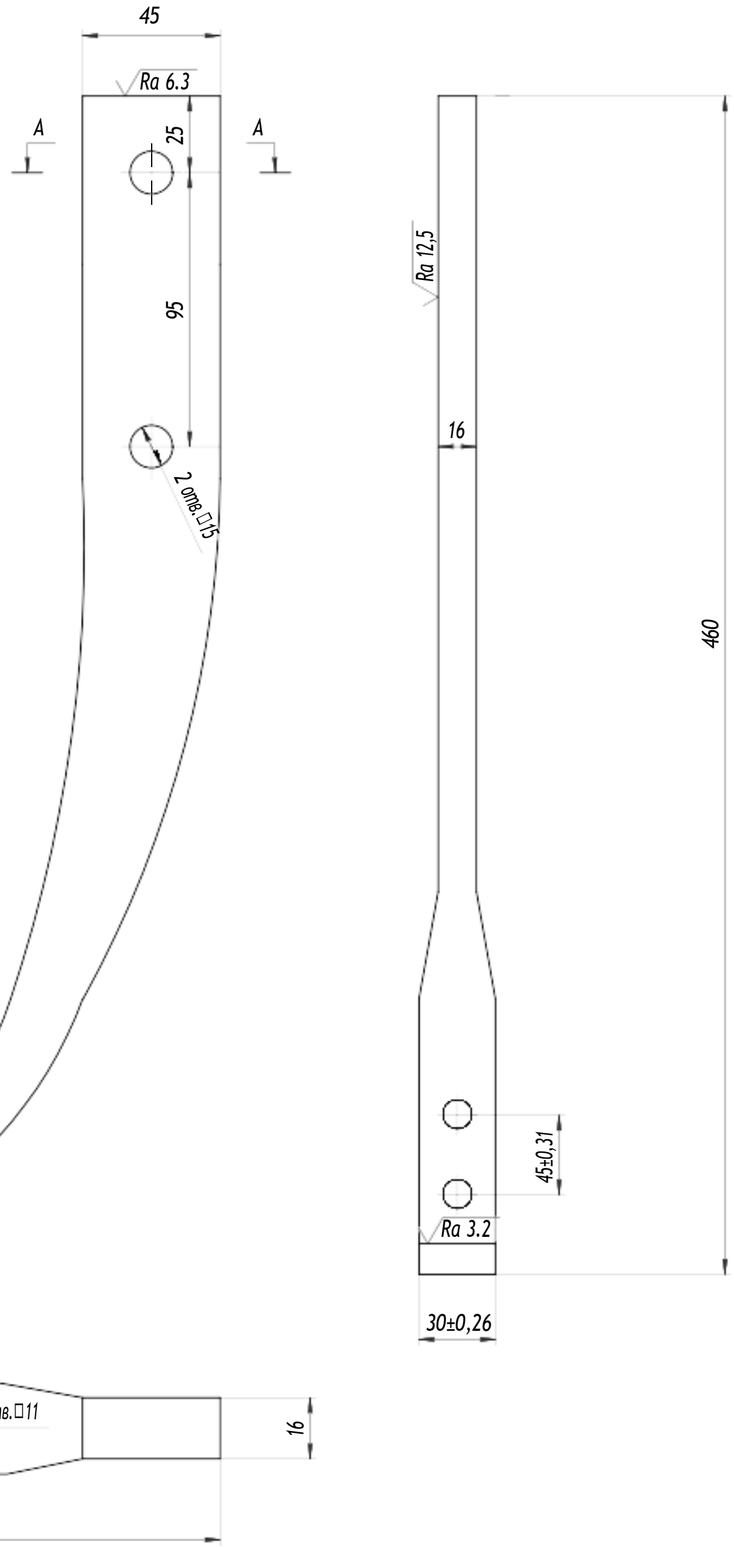
Подп. и дата

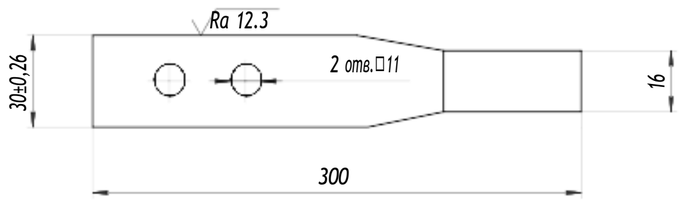
Инв. № подл.

52ДП. 121. 000

A-A (1:1)







1. Твердість 34...40 HRC
2. Радіуси скруглень 3...5 мм мах

					52ДП. 121. 000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Стійка культиватора	Лит.	Масса / Масштаб
Разраб.		Логвиненко В.Ю					1:1,4
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. 121. 000

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	52ДП. 121. 000			
Разраб.		Логвиненко В.Ю			Підсилювальна пластина	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Кобець О.М						1:1
Т.контр.						Лист	Листов 1	
Н.контр.		Лепеть Є.І			Ст 60С2А ГОСТ 14959-79	ДДАЕУ		
Утв.		Теслюк Г.В						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Копировал

Формат А4

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Удосконалення механізації поверхневого обробітку грунту з модернізацією культиватора КПС-4

Виконав: студент 3 курс

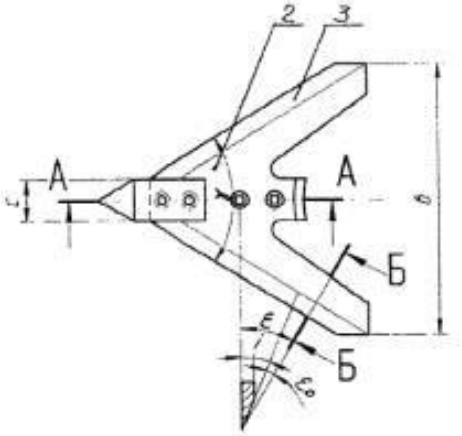
Логвиненко Владислав Юрійович

Керівник: доцент

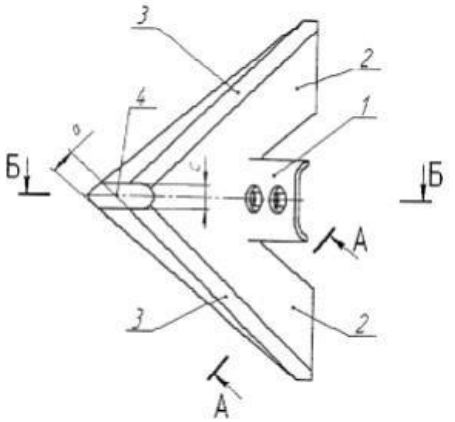
Кобець Олександр Миколайович

Дніпро-2026

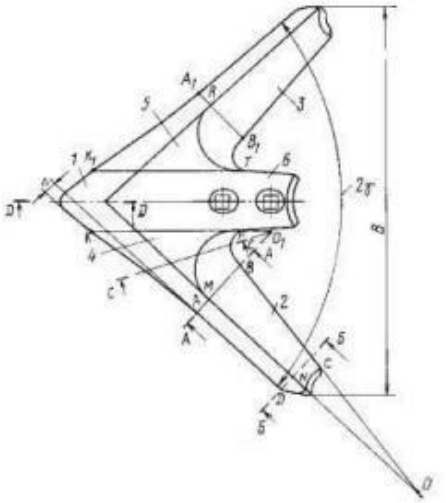
Патентний аналіз



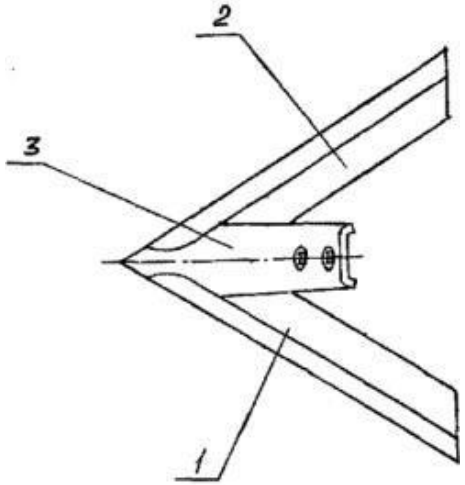
Патент RU110894U1



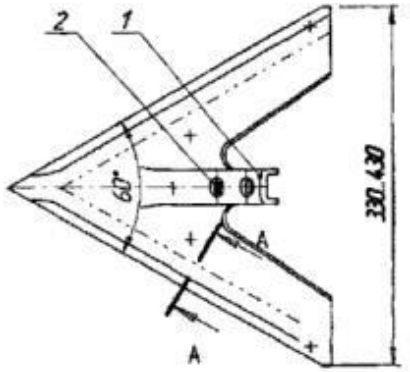
Патент RU2452155C1



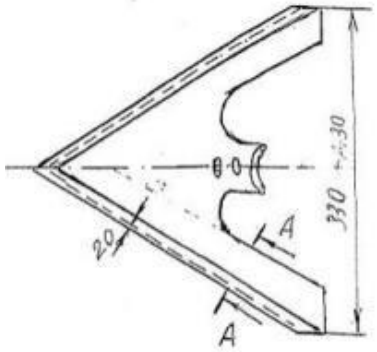
Патент RU2070363C1



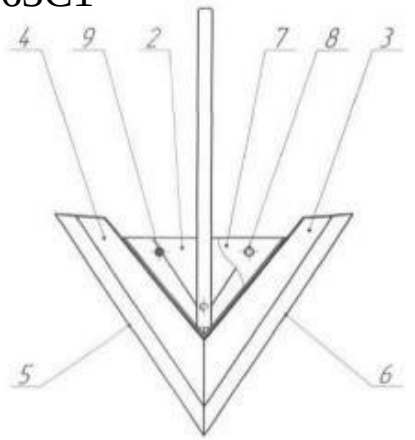
Патент UA9937



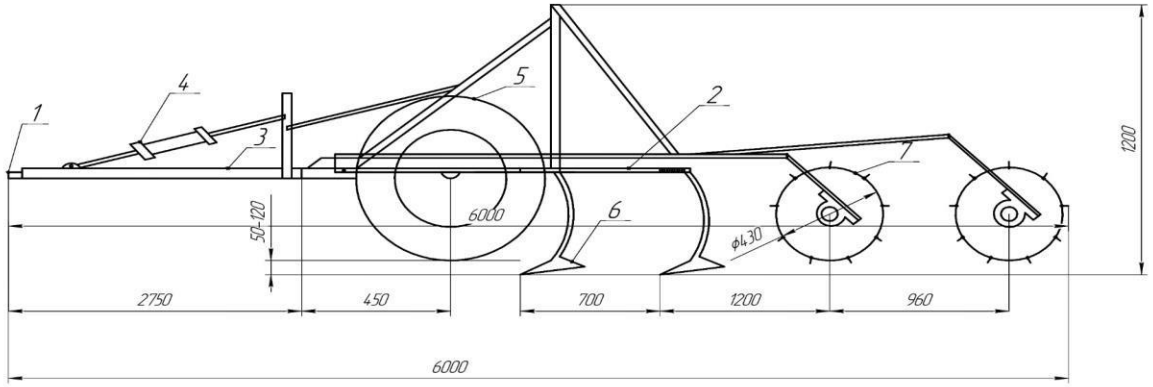
Патент UA10068

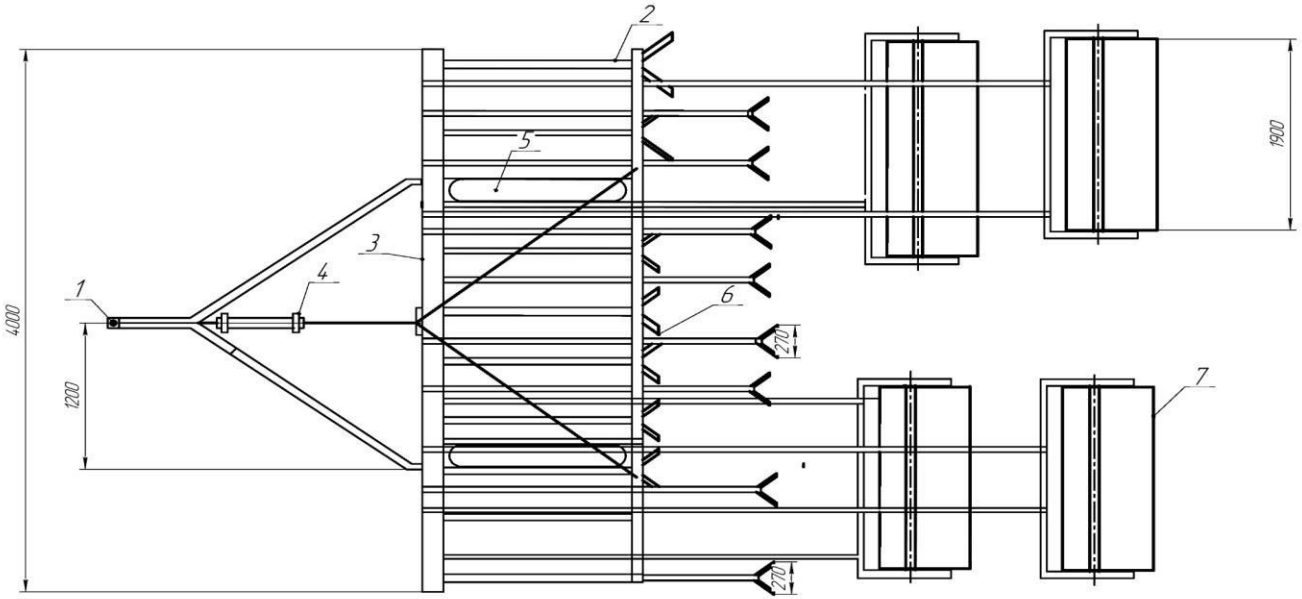


Патент UA83017



Патент UA100071





Технічна характеристика
1. Ширина захвата, м – 4
2. Робоча швидкість, км/год – до 12
3. Продуктивність га/час – 4,8
4. Маса, кг – 900
5. Агрегатується з трактором класа – 1.4

					52ДП. 121. 000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Культиватор модернізований	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Любимий І.Ю.						1:4
Пров.		Кобець О.М.				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.		Лепеть С.І.			Вид загальний	ДДАЕУ		
Утв.		Тесляк І.В.						

Копировал Формат А1

52ДП. 121. 000

				52ДП. 121. 000	
Изм. Лист.	№ докум.	Подп.	Дата	Робочий орган	Лит. / Масса
Разраб.	Любинина НВ				
Пров.	Кобець ОМ				Лист / Листов
Т.контр.					
Н.контр.	Леплять ЄІ			Складальне креслення	ДДАЕУ
Утв.	Темляк ІВ				
Копировал				Формат	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дубл.

Подп. и дата

52ДП. 121. 000

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

				52ДП. 121. 000		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лапа культиватора	Лит. / Масса / Масштаб: 1:1,4
Разраб.		Лобиненко В.Ю.				
Пров.		Кобець О.М.				Лист / Листов: 1
Т.контр.						
Н.контр.		Лепеть Е.І.			Сталь 65Г ГОСТ 14959-79	ДДАЕУ
Утв.		Теслюк І.В.				

Копировал

Формат А2

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

52ДП. 121. 000

1. Твердість 34...40 HRC
2. Радіуси скруглень 3..5 мм max

						52ДП. 121 000	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Лубяненко В.И.			Стійка культиватора	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Кобець О.М.						1:4
Т.контр.						Лист	Листов 1
Н.контр.		Ленець С.І.			Сталь 45 ДСТУ 7809	ДДАЕУ	
Утв.		Тесляк І.В.					

Копировал | Формат А1

52ДП. 121. 000

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Логвиненко В.Ю		
Пров.		Кобець О.М		
Т.контр.				
Н.контр.		Лепеть Е.І		
Утв.		Теслюк Г.В		

52ДП. 121. 000

Підсилювальна пластина

Лит.	Масса	Масштаб
		1:1
Лист	Листов 1	

Ст 60С2А ГОСТ 14 959-79

ДДАЕУ

Копировал

Формат А4

Показник	Базовий культиватор КПС-4	Модернізований культиватор КПС-4	Різниця
Балансова вартість машини, грн	280 000	325 000	+45 000 (Витрати на модернізацію)
Річна продуктивність, га/грн	_	1200	_
Питомі капітальні витрати, грн/га	_	270,83	_
Річні відрахування на амортизацію, грн/рік	_	46 150	14,2 %
Річні витрати на ремонт на ТО, грн/га	_	58 500	18 %
Собіварість обробітку 1 га, грн/га	680,00	617, 21	-62,79 (зниження собівартості)
Річний економічний ефект, грн/рік	_	_	68 598
Строк окупність	_	_	0,6 (менше одного сезону)
Заробітна плата механізатора, грн/га		110	
Паливо-мастильні матеріали, грн/га		420	
Амортизація, грн/га		38,46	
Ремонт та ТО, грн/га		48,75	
Разом собівартість, грн/га		617,21	

Дякую за увагу! Доповідь закінчено.