

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
бакалавр

на тему: «Удосконалення конструкції культиватора»

КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
КОШОВА Карина

Керівник: БІЛОВОД Олександра

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма *«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної та електричної
інженерії,
канд. техн. наук, доцент,
_____ Станіслав ПОПОВ
03 грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Карина КОШОВА

1 Тема роботи: *«Удосконалення конструкції культиватора»*

керівник роботи ***канд. техн. наук, доцентка БЛОВОД Олександра,***
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *кресленик загального виду культиватора; складальний кресленик вузла культиватора, що виноситься на розгляд; робочі кресленики деталей.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Карина КОШОВА

Керівник роботи _____
(підпис)

Олександра БІЛОВОД

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 9 рисунків, 14 таблиць, 23 використаних джерела, 1 додаток, 53 сторінки.

Об'єкт розробки – технологічний процес передпосівного обробітку ґрунту та догляду за парами.

Предмет розробки – конструкція жорсткого стояка лапи культиватора.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити шляхи підвищення ефективності роботи культиватора шляхом удосконалення конструкції стояка лапи, що призведе до забезпечення надійності роботи робочих органів, зменшення енерговитрат на обробіток ґрунту та підвищення якості виконання технологічного процесу, а також розробити комплект конструкторської документації.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – удосконалення конструкції культиватора шляхом розробки жорсткого стояка лапи.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у розробленні конструкторської документації на жорсткий стояк лапи культиватора, який може бути використаний при виготовленні нових та модернізації існуючих ґрунтообробних машин.

У **загальному розділі** проаналізовано особливості обробітку ґрунту під ярі та озимі культури, розглянуто механіко-технологічні властивості ґрунту, виконано огляд сучасних конструкцій культиваторів та обґрунтовано необхідність удосконалення робочих органів.

У **технологічному розділі** виконано аналіз технологічності деталі, розроблено технологічний процес виготовлення жорсткого стояка лапи культиватора, обґрунтовано вибір способів обробки поверхонь, схеми базування, маршрут виготовлення та визначено припуски на обробку.

У **конструкторському розділі** запропоновано удосконалену конструкцію стояка лапи культиватора, виконано необхідні інженерні розрахунки, обґрунтовано основні параметри конструкції та розроблено комплект конструкторської документації.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища визначено економічну ефективність запропонованої розробки, розроблено заходи щодо охорони праці та навколишнього середовища.

Практичні результати роботи – розроблено конструкцію удосконаленого жорсткого стояка лапи культиватора. Розробка дозволяє забезпечити надійність роботи робочих органів, зменшити енерговитрат на обробіток ґрунту та підвищити якість виконання технологічного процесу.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати роботи можуть бути використані машинобудівними підприємствами, ремісничими виробництвами та сільськогосподарськими підприємствами під час виготовлення й модернізації культиваторів.

Сфера застосування результатів роботи – на підприємствах агропромислового комплексу, у машинобудівній галузі.

Графічна частина роботи становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 98,84 %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена удосконаленню конструкції культиватора шляхом розробки жорсткого стояка лапи, яка забезпечує підвищення міцності, жорсткості та надійності роботи робочого органу в складних умовах експлуатації.

КУЛЬТИВАТОР, СТОЯК ЛАПИ, РОБОЧИЙ ОРГАН, ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, ПЕРЕДПОСІВНА КУЛЬТИВАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ШТАМПУВАННЯ, ГНУТТЯ, МІЦНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, БЕЗПЕКА

ANNOTATION

This bachelor's thesis is devoted to improving the design of a cultivator by developing a rigid tine mount, which enhances the strength, rigidity, and reliability of the working body under demanding operating conditions.

CULTIVATOR, TINE ROD, WORKING UNIT, SOIL CULTIVATION, PRE-SOWING CULTIVATION, TECHNOLOGICAL PROCESS, STAMPING, BENDING, STRENGTH, RELIABILITY, ECONOMIC BENEFIT, SAFETY

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	9
1.1 Призначення та область застосування культиваторів	9
1.2 Аналіз існуючих конструкцій культиваторів	10
1.3 Аналіз робочих органів культиваторів	11
1.4 Аналіз конструкції культиватора-прототипу	12
1.5 Обґрунтування напрямку удосконалення конструкції	14
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	15
2.1 Аналіз технологічності деталі	15
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	18
2.3 Обробка поверхонь деталі	21
2.4 Розробка схем базування деталі	23
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	26
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	29
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	32
3.1 Будова та принцип роботи удосконаленого культиватора	32
3.2 Конструктивні та технологічні розрахунки	35
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	43
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	43
4.2 Охорона праці	46
4.3 Охорона навколишнього середовища	48
ВИСНОВКИ	52
БІБЛІОГРАФІЯ	54
ДОДАТКИ	57

КРБ.132ГМбд_41.12.00.60 500 ПЗ				
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Кошова К.К.		
Перевінив		Біловод О.І.		
Н. Коитр.		Біловод О.І.		
Керівник		Біловод О.І.		
Зав.кафедр		Попов С.В.		
Удосконалення конструкції культиватора				
		Лім.	Арк.	Аркунів
		6	5	3
ПДАУ, каф. МЕІ				

ВСТУП

Обробіток ґрунту є однією з найважливіших технологічних операцій у рослинництві, від якості виконання якої значною мірою залежить врожайність сільськогосподарських культур. У сучасних умовах господарювання особливої актуальності набуває підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів, зменшення витрат енергетичних ресурсів та забезпечення високої якості підготовки ґрунту до сівби.

Одним із найпоширеніших знарядь для передпосівного обробітку ґрунту та догляду за парами є культиватор. Від надійності його робочих органів значною мірою залежить продуктивність агрегату, якість обробітку та довговічність машини. Особливо важливим елементом конструкції є стояк лапи, який сприймає значні статичні та динамічні навантаження, що виникають під час взаємодії робочого органу з ґрунтом.

Підвищення робочих швидкостей сучасних культиваторів, збільшення ширини захвату агрегатів та ускладнення умов експлуатації зумовлюють необхідність удосконалення конструкції стояків лап. Вони повинні забезпечувати достатню міцність, жорсткість і довговічність за мінімальної матеріаломісткості та вартості виготовлення.

У зв'язку з цим розробка удосконаленої конструкції жорсткого стояка лапи культиватора є актуальним технічним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності роботи ґрунтообробних машин та покращенню техніко-економічних показників їх використання.

Метою роботи є удосконалення конструкції культиватора шляхом розробки жорсткого стояка лапи.

Об'єкт розробки – технологічний процес передпосівного обробітку ґрунту та догляду за парами.

Предмет розробки – конструкція жорсткого стояка лапи культиватора

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

- виконати аналіз існуючих конструкцій культиваторів та їх робочих органів;
- обґрунтувати необхідність удосконалення конструкції стояка лапи культиватора;
- розробити удосконалену конструкцію жорсткого стояка лапи культиватора;
- виконати необхідні конструктивні та технологічні розрахунки;
- розробити технологічний процес виготовлення стояка лапи;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованої конструкції;
- розробити заходи з охорони праці та навколишнього середовища;
- розробити комплект конструкторської документації на удосконалену конструкцію.

Практичне значення роботи полягає в розробці конструкції жорсткого стояка лапи культиватора та комплекту конструкторської документації на його виготовлення.

У кваліфікаційній роботі використано методи аналізу конструкцій машин, інженерних розрахунків, порівняння технічних рішень.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Призначення та область застосування культиваторів

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без широкого використання ґрунтообробної техніки. Одні з провідних місць серед машин для обробки ґрунту займають культиватори, які застосовуються для передпосівного обробітку, догляду за посівами, розпушування ґрунту, знищення бур'янів та вирівнювання поверхні поля.

Основним завданням культивації є створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин шляхом формування дрібногрудкуватої структури поверхнього шару, збереження вологи та покращення повітряного режиму ґрунту. Якість виконання цієї операції безпосередньо впливає на польову схожість насіння, рівномірність розвитку рослин та величину майбутнього врожаю.

У сучасному землеробстві все більше поширення набувають ресурсозберігаючі технології, які потребують використання високопродуктивних та надійних машин. У зв'язку з цим до конструкцій культиваторів висуваються підвищені вимоги щодо продуктивності, енергоефективності, довговічності та якості виконання технологічного процесу.

Культиватори повинні забезпечувати стабільну глибину обробітку, повне підрізання бур'янів, мінімальне вичесання вологого шару ґрунту на поверхню та високу надійність роботи за різних ґрунтово-кліматичних умов. Виконання цих вимог значною мірою залежить від конструкції рами, робочих органів та вузлів їх кріплення [2, 10].

Після зростання вимог до агротехнічних показників роботи машин обумовлює необхідність удосконалення існуючих конструкцій культиваторів, спрямованого на підвищення їх експлуатаційних характеристик і надійності.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.2 Аналіз існуючих конструкцій культиваторів

Вітчизняними та зарубіжними підприємствами випускається велика кількість моделей культиваторів різного призначення. Найбільш поширеними серед них є культиватори серій КПС, КШУ, КНУ а також машини виробництва Horsch, Lemken, Kverneland та інших компаній [18].

Одним із найбільш відомих представників є культиватор КПС-4, який призначений для суцільного передпосівного обробітку ґрунту. Конструкція машини включає раму, опорні колеса, робочі органи та механізм регулювання глибини обробітку. Простота конструкції забезпечує високу ремонтпридатність і невелику вартість експлуатації. Разом з тим даний культиватор характеризується недостатньою продуктивністю та обмеженими можливостями роботи на важких ґрунтах.

Культиватори типу КШУ призначені для виконання передпосівного обробітку за один прохід. До складу таких машин входять декілька рядів робочих органів, вирівнювальні планки та прикочувальні котки. Їх використання дозволяє скоротити кількість проходів по полю та підвищити продуктивність праці.

Сучасні зарубіжні культиватори відрізняються застосуванням високоміцних сталей, пружинних стояків та ефективних систем копіювання рельєфу поля. Проте такі машини мають значну вартість, що обмежує їх використання багатьма вітчизняними господарствами.

Порівняльний аналіз існуючих конструкцій показує, що основними напрямками розвитку культиваторів є підвищення жорсткості рамних конструкцій, зниження металоемності, удосконалення робочих органів та збільшення ресурсу найбільш навантажених вузлів [15, 13, 18].

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.3 Аналіз робочих органів культиваторів

Основними робочими органами культиваторів є лапи та стояки, які безпосередньо взаємодіють із ґрунтом (рис. 1.1). Саме від їх конструкції залежать тяговий опір машини, якість обробки та довговічність роботи агрегату.

Рисунок 1.1 – Основні типи робочих органів культиваторів: а – стрілочаста лапа; б – долотоподібна лапа; в – пружинний стояк; г – жорсткий стояк.

Найбільш поширеними є стрілочасті лапи. Вони забезпечують повне підрізання бур'янів до всій ширині захвату та ефекtywne розпушування верхнього шару ґрунту. Ширина захвату таких лап може становити від 150 до 500 мм залежно від призначення машини.

Для глибокого розпушування застосовуються долотоподібні лапи, які мають менший тяговий опір та забезпечують кращу прохідність на ущільнених ґрунтах.

Важливим елементом конструкції є стояк лапи. У сучасних культиваторах використовуються жорсткі, пружинні та комбіновані стояки.

Жорсткі стояки характеризуються високою міцністю, простотою виготовлення та невисокою вартістю. Водночас вони сприймають значні згинальні навантаження, що може призводити до виникнення залишкових деформацій.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Пружинні стояки дозволяють зменшити ударні навантаження та забезпечують краще копіювання поверхні поля. Однак вони є складнішими у виготовленні та мають вищу вартість.

Досвід експлуатації культиваторів показує, що саме стояки є одними з найбільш навантажених елементів конструкції. Тому підвищення їх міцності та жорсткості є актуальним завданням конструкторської практики [1, 8, 9].

1.4 Аналіз конструкції культиватора-прототипу

Як базову машину для подальшого удосконалення обрано комбінований ґрунтообробний агрегат UNIA KOMBI 3.0 польського виробництва (рис. 1.2), що довів свою придатність до умов вітчизняного землеробства. Даний агрегат призначений для передпосівного обробітку ґрунту та створення якісного посівного ложа за один прохід машинно-тракторного агрегату. Конструкція машини забезпечує виконання декількох технологічних операцій одночасно, що дозволяє скоротити витрати пального, зменшити ущільнення ґрунту та підвищити продуктивність праці. Проте і ця компоновка не позбавлена резервів для покращення, насамперед щодо схеми розставлення робочих органів, підбору кутівих характеристик стрілочастих лап та забезпечення міцності стояків.

Рисунок 1.2 – Загальний вигляд культиватора UNIA KOMBI 3.0

Робоча ширина захвату агрегату становить 3,0 м. Конструкція містить жорстку раму, навісний пристрій для агрегування з трактором, передній струнний коток, чотири ряди пружинних або жорстких робочих органів, а також

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

задній подвійний коток для вирівнювання та ущільнення поверхні ґрунту. Кількість робочих органів становить близько 30 штук, а необхідна потужність трактора знаходиться в межах 60–90 к.с.

Основними конструктивними елементами агрегату є несуча рама та робочі секції. Рама сприймає всі навантаження, що виникають під час роботи, і забезпечує надійне кріплення робочих органів. Передній коток виконує попереднє вирівнювання поверхні поля та часткове подрібнення грудок ґрунту. Основний обробіток здійснюється лапами культиватора, закріпленими на стояках. Після проходу лоп ґрунт додатково вирівнюється та ущільнюється заднім подвійним котком.

Під час роботи на стояки та лапи діють значні сили опору ґрунту. Особливо великі навантаження виникають при роботі на важких та ущільнених ґрунтах, а також при наявності рослинних решток. У таких умовах у стояках виникають згинувальні та крутні навантаження, які можуть призводити до появи залишкових деформацій і зниження довговічності конструкції.

Перевагами культиватора UNIA KOMBI 3.0 є простота конструкції, універсальність застосування, достатньо висока продуктивність, можливість якісної підготовки ґрунту під посів за один прохід та невелика металоємність. Крім того, використання котків дозволяє формувати вирівняне посівне ложе та покращувати якість передпосівного обробітку.

Разом з тим аналіз конструкції показав наявність певних недоліків.

Недоліком базової конструкції є недостатня жорсткість стояка лапи при роботі на ущільнених ґрунтах, що може призводити до його деформації та зниження стабільності глибини обробітку. Для усунення зазначеного недоліку запропоновано удосконалену конструкцію стояка зі змінною шириною та додатковим зигом [1, 4, 13].

					КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

1.5 Обґрунтування напрямку удосконалення конструкції

Проведений аналіз існуючих конструкцій показав, що одним із найбільш навантажених вузлів культиватора є стояк лапи. У процесі роботи він сприймає сили опору ґрунту, ударні навантаження та вібрації, що негативно впливають на його ресурс.

Недостатня жорсткість стояка призводить до його пружних деформацій, внаслідок чого погіршується стабільність підтримання заданої глибини обробки. Це негативно впливає на якість виконання технологічного процесу та збільшує енергетичні витрати [1, 4, 9].

З метою усунення зазначених недоліків пропонується удосконалення конструкції стояка шляхом його підсилення. Запропоноване рішення повинне забезпечити підвищення міцності та жорсткості конструкції без суттєвого збільшення її маси.

Очікується, що модернізація дозволить підвищити надійність роботи культиватора, збільшити термін служби робочих органів та покращити агротехнічні показники роботи машини.

Висновки. У результаті проведеного аналізу встановлено, що культиватори є одними з найбільш поширених ґрунтообробних машин сучасного сільськогосподарського виробництва. Розглянуто особливості конструкцій вітчизняних і зарубіжних культиваторів.

Аналіз існуючих конструкцій культиваторів показав, що найбільш навантаженим елементом робочого органу є стояк лапи. Саме тому подальші дослідження та конструкторські розробки в роботі спрямовані на підвищення його міцності, жорсткості та експлуатаційної надійності.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Жорсткий стояк лапи культиватора є несучим елементом ґрунтообробного робочого органу. Він передає тягове зусилля від рами культиватора до ріжучої лапи, сприймає ударні та знакозмінні навантаження від твердих включень ґрунту і визначає кут атаки лапи відносно поверхні ґрунту. Матеріал деталі – сталь Ст6 за ДСТУ 2651:2005 [19]. Сталь Ст6 є найміцнішою маркою в даній групі: вміст вуглецю 0,38–0,49 %, марганцю 0,50–0,80 %, межа міцності $\sigma_b = 590\text{--}730$ МПа, межа текучості $\sigma_T \geq 330$ МПа, відносне подовження $\delta \geq 12$ %, твердість до 255 НВ. Підвищена міцність Ст6 зумовлена необхідністю витримувати значні сили і ударні навантаження при обробці ґрунту з кам'янистими включеннями [14].

За конфігурацією (рис. 2.1) стояк є плоскою деталлю змінного перерізу з вигнутою нижньою частиною. Верхня пряма ділянка (стержень) має змінний перетин: ширина зменшується від розміру a (верхня) до c (нижня перед зигом). Загальна висота стояка H . Нижня ділянка зігнута з радіусом r_0 і відхилена від вертикалі під кутом 30° для забезпечення правильного кута атаки ріжучої лапи. Товщина деталі по всій довжині – 5 мм.

Рисунок 2.1 – Жорсткий стояк лапи культиватора

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Переріз А-А у верхній частині стояка показує два кріпильних отвори діаметром $\varnothing 11$ мм, розташованих поруч (з'єднання стояка з рамою культиватора болтами). Переріз Б-Б у нижній зігнутій частині також має два отвори $\varnothing 11$ мм – для кріплення ріжучої лапи. Розмір 25 мм – ширина стояка у нижній частині (зона кріплення лапи). Розмір 5 мм – товщина листа.

Позначення L_0 – загальна довжина стояка по горизонталі або розгорнута довжина. L_6 – довжина нижньої зігнутої ділянки. Радіуси R7 і R4 відповідно означають внутрішній і зовнішній профіль перетину Б-Б (або внутрішній радіус згибу в нижній частині). Кут вигину нижньої ділянки – 30° від вертикальної осі стояка.

Усі поверхні стояка є вільними і не мають спеціально вказаної шорсткості на кресленнику, що відповідає Ra 12,5 мкм – поверхні після виготовлення і гнуття. Вказані лише $\geq \pm IT14/2$ невказані відхилення. Отвори $\varnothing 11$ мм – квалітет H14. Деталь є типовою листоштампованою деталлю сільськогосподарського машинобудування.

Кількісна оцінка технологічності за коефіцієнтом уніфікації:

$$K_y = Q_y / Q, \quad (2.1)$$

де Q_y – кількість уніфікованих конструктивних елементів,

Q – загальна їх кількість.

Конструктивні елементи: плоска пряма ділянка стержня (1), зігнута ділянка з радіусом r_0 (1), змінний переріз по ширині (1), отвори $\varnothing 11$ мм у верхній частині – 2 шт. (1 тип), отвори $\varnothing 11$ мм у нижній частині – 2 шт. (той самий тип), фасонний профіль Б-Б з R4 і R7 (1). Разом $Q = 6$, уніфікованих $Q_y = 5$:

$$K_y = 5 / 6 = 0,83$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - 1 / A_{сер}$$

де $A_{сер}$ – середній квалітет точності поверхонь деталі

						КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
							16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Квалітети поверхонь: отвори $\varnothing 11$ мм (4 шт.) – квалітет 14 (H14); всі зовнішні поверхні – квалітет 14 ($\pm 1/14/2$); зигнутий профіль – квалітет 14. Середній квалітет $A_{\text{ср}} = 14$ для всіх поверхонь:

$$K^* = 1 - 1 / 14 = 0,93$$

Обидва показники відповідають нормативним вимогам. Деталь є технологічною, плоска форма з постійною товщиною дозволяє виготовлення вирубкою або газовим різанням з листового прокату, а нижній зиг виконується операцією гнуття. Вирубка чотирьох однотипних отворів $\varnothing 11$ мм забезпечується одним пуансоном у пробивному штампі або свердлінням.

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь жорсткого стояка

№	Поверхня	Квалітет	Ка, мкм	Кількість	Призначення
1	Отвори $\varnothing 11$ мм пер. А–А (2 шт.)	H14	12,5	2	Кріплення стояка до рами
2	Отвори $\varnothing 11$ мм, пер. Б–Б (2 шт.)	H14	12,5	2	Кріплення ріжучої лапи
3	Плоска пряма ділянка (Н, а, с)	14	12,5	1	Несуча ділянка стояка
4	Зигнута ділянка, кут 30° , r_0	14	12,5	1	Перехід до ріжучої частини
5	Часонний профіль Б–Б (R4, R7)	14	12,5	1	З'єднання з лапою по профілю
6	Бічні площі торці ($t = 5$ мм)	14	12,5	2	Вільні торцеві поверхні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ

Арк.

17

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності стояка

Показник	Значення	Норматив
Коефіцієнт уніфікації K_u	0,83	$\geq 0,60$
Коефіцієнт точності K_T	0,93	$\geq 0,80$
Середній квалітет $A_{сер}$	14,0	–
Товщина листа s , мм	5	–
Кут вигину нижньої ділянки	30°	–
Метод отримання заготовки	Бирубка у штампі / газове різання	–
Висновок	Деталь технологічна	–

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення жорсткого стояка лапи культиватора відповідає умовам серійного виробництва, характерного для підприємств сільськогосподарського машинобудування. Заготовкою є листовий гарячекатаний прокат зі сталі Ст6 ДСТУ 2651:2005, товщиною 5 мм. Листовий прокат завтовшки 5 мм відповідає ДСТУ 4448:2005 [19]. Вибір листа завтовшки 5 мм зумовлений необхідністю забезпечити достатню жорсткість стояка при значних вагінальних навантаженнях з боку ґрунту.

Сталь Ст6 має підвищений вміст вуглецю порівняно з іншими марками ряду Ст0–Ст6. Це забезпечує необхідну міцність, але дещо знижує пластичність при холодному штампуванні. Мінімально допустимий радіус гнуття для Ст6, товщина 5 мм при холодному гнутті перпендикулярно до напрямку прокатки:

$$R_{\min} = k \cdot s, \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від відносного видовження δ матеріалу. Для Ст6 $\delta \geq 12\%$: $k \approx 1,5-2,0$, тому $R_{\min} = 1,5 \cdot 5 = 7,5$ мм. Радіус гнуття r_0 стояка має бути не менше 7,5–8 мм. Це збігається з розміром R7 на кресленку (внутрішній радіус зони гнуття).

					КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Діючий маршрут включає такі основні операції: заготівельну (розкрій листа на смуги), розмічальну, вирубку контуру у штампі на пресі (або газовим різанням при малих серіях), пробивання чотирьох отворів $\varnothing 11$ мм, гнуття нижньої ділянки на кут 30° , зачистку кромek і контроль. При серійному виробництві вирубка і пробивання отворів суміщаються в одному ходові преса у комбінованому штампі. Гнуття виконується у гнучому штампі на кривошипному або гідравлічному пресі з пуансоном відповідного радіуса.

Особливістю обробки Стб є необхідність контролю якості вигину. Через обмежену пластичність матеріалу при радіусах гнуття, близьких до мінімально допустимого ($R7$), можливе утворення мікротріщин на зовнішній поверхні у зоні розтягнення. Тому заготовку орієнтують при гнутті так, щоб лінія гнуття розташовувалась перпендикулярно до напрямку прокатки (поперек волокон). Це підвищує допустимий мінімальний радіус і знижує ризик тріщин утворення.

Ще однією особливістю технологічного процесу є відсутність термічної обробки, оскільки експлуатується у стані поставки (після штампування і гнуття). При необхідності підвищення твердості робочої поверхні застосовується нормалізація або поверхневе загартування ТВЧ нижньої ділянки, що контактує з ґрунтом, але креслення цього не передбачає [7, 15].

Основний недолік діючого процесу – відсутність контролю кута гнуття 30° з достатньою точністю. При серійному гнутті пружинення матеріалу Стб ($\Delta\alpha = 3-5^\circ$) без коригування кута пуансона призводить до відхилення кута атаки лапи, що безпосередньо впливає на якість обробки ґрунту. Другим недоліком є можливе відхилення розташування отворів $\varnothing 11$ мм після гнуття, якщо отвори пробиваються до гнуття і переносяться у зону деформацій.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.3 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення

стояка

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
005	Заготівельна (розгій)	Гільйотинні ножиці	1	Лист Ст6, t=5 мм
010	Розмічальна	Розмічальна плита	1	За шаблоном або DXF
015	Вирубна (контур +4×ø11)	Прес КД2322 або плазма ЧПК	1	Комб. штамп або плазм. різак
020	Гнуття (кут 30°, r _г ≥7,5 мм)	Прес КД2322 або листогиб	1	Перп. до напр. прокатки
025	Слюсарна (зачистка промок)	Верстак, болгарка	–	Задирини, облі
030	Контрольна	Контрол. плита кутомір	–	Кут 30°, ø11, Ra 12,5

Таблиця 2.4 – Недоліки діючого ТП та заходи з їх усунення

Недолік	Захід з усунення
Пружинення Сто при гнутті ($\Delta\alpha = 3-5^\circ$) без компенсації – відхилення кута атаки лані	Налагодження штампа з урахуванням пружинення: кут пунсона $30^\circ - \Delta\alpha = 25-27^\circ$
Ризик мікротріщин у зоні вигину r _г при неправильній орієнтації листа	Контроль орієнтації заготовки: лінія гнуття перпендикулярна до напрямку прокатки
Відхилення положення отворів ø11 в зоні гнуття після пробивання до операції гнуття	Пробивання отворів у нижній зоні після гнуття або з урахуванням розгортки
Відсутність контролю якості зони вигину (тріщини, розшарування) на поточному контролі	Введення візуального і магнітопорошкового контролю зони вигину після операції 020

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ

Арк.

20

2.3 Обробка поверхонь деталі

Жорсткий стоєк лапи культиватора є листоштампованою деталлю, тому більшість поверхонь формується штампуванням і гнуттям без подальшої механічної обробки різанням. Механічна обробка зводиться до пробивання або свердління отворів $\varnothing 11$ мм та зачистки кромки [5].

Вирубка зовнішнього контуру стояка. Контур деталі має змінну ширину: від a (верхня частина) до звуження у нижній c прямій ділянці до 25 мм у зоні кріплення лапи. Периметр контуру є складним і включає прямолінійні ділянки і скруглення. При серійному виробництві вирубка виконується у штампі на кривошипному пресі. Зусилля вирубки:

$$P = L \cdot s \cdot \tau_{зр}, \quad (2.3)$$

де L – периметр вирубки, мм; $s = 5$ мм – товщина листа;
 $\tau_{зр} = 0,8 \cdot \sigma_{в} = 0,8 \cdot 590 = 472$ МПа – опір зриву для Ст6. Орієнтовний периметр контуру стояка $L \approx 700\text{--}800$ мм (залежно від висоти H).

$$P \approx 750 \cdot 5 \cdot 472 \approx 1\,770\,000 \text{ Н} \approx 1\,770 \text{ кН}$$

Для такого зусилля необхідний прес зусиллям 2000–2500 кН.

Пробивання чотирьох отворів $\varnothing 11$ мм. Два отвори у верхній частині (переріз А–А) і два у нижній зигнутій частині (переріз Б–Б). При виготовленні у штампі всі чотири отвори пробиваються у розгортці до гнуття. Зусилля пробивання одного отвору:

$$P_{отв} = \pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_{зр}, \quad (2.4)$$

$$P_{отв} = \pi \cdot 11 \cdot 5 \cdot 472 \approx 81\,700 \text{ Н} \approx 82 \text{ кН}$$

Загальне зусилля пробивання чотирьох отворів: $4 \times 82 = 328$ кН. При паралельному пробиванні всіх отворів зусилля складається з зусиллям вирубки, тому потрібен прес зусиллям ≥ 2500 кН.

При свердлінні отворів $\varnothing 11$ мм (варіант одиночного виробництва).
 $V = 20\text{--}25$ м/хв, $S = 0,15\text{--}0,25$ мм/об, свердло Р6М5 $\varnothing 11$ мм або ВК8 $\varnothing 11$ мм.
Охолодження – емульсія.

					КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Гнуття нижньої ділянки стояка під кут 30° . Це операція холодного гнуття листової заготовки завтовшки 5 мм зі Ст6. Внутрішній радіус вигину $r_0=R7=7$ мм (за кресленком), що відповідає мінімально допустимому для Ст6. Гнуття виконується у гнучому штампі або на листобібі. Кут пуансона призначається з урахуванням пружинення. Пружинення для Ст6 ($\sigma_T/E \approx 330/200000 = 0,00165$):

$$\Delta\alpha = K \cdot (\sigma_T / E) \cdot (r_0 / s) \cdot \alpha, \quad (2.5)$$

де K – коефіцієнт (для V-подібного гнуття $K \approx 0,4-0,5$); $r_0 = 7$ мм; $s = 5$ мм; $\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ (кут гнуття від початкового положення листа).

$$\Delta\alpha = 0,45 \cdot 0,00165 \cdot 1,4 \cdot 60^\circ \approx 3,7^\circ$$

Тобто кут пуансона повинен бути $60^\circ - 3,7^\circ \approx 56^\circ$, щоб після пружинення деталь прийняла кут 60° (відхилення 30° від вертикалі). Контроль кута – кутоміром або шаблоном.

Зачистка кромek. Після вирубki і гнуття видаляються задирини по всьому периметру зачисним крутом або болгаркою. Особлива увага приділяється зоні вигину: зовнішня поверхня перевіряється на наявність тріщин. Кромки отворів $\varnothing 11$ мм зенкуються для захисту болтів від зрізаючого навантаження на гострих кромках.

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь стояка

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	К-ть перех.	Метод формоутворення
1	Зовнішній контур стояка	14	12,5	1	Вирубка у штампі або плазма ЧПК
2	4 отвори $\varnothing 11$ мм (H14)	H14	12,5	1-2	Пробивання у штампі або свердл. $\varnothing 11$
3	Зигнута ділянка, кут 30° , $r_0=7$ мм	14	12,5	1	Гнуття у штампі, пуансон $r=7$ мм
4	Бічні торці ($t=5$ мм)	14	12,5	0	поверхня прокату (не обробляється)
5	Кромки по контуру	14	12,5	1	Зачистка болгаркою, зенківка отв.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Таблиця 2. 6– Режими обробки поверхонь стояка зі сталі Ст6

Вид обробки	Інструмент	V або n	S (подача)	t, мм	ЗОР	Ra, мкм
Вирубка (штамп)	Пуансон/матриця X12МФ	30–50 хід/хв	–	5 (лист)	Мастило	6,3–12,5
Плазмове різання	Плазм. різак ЧПК	15–25 мм/хв	–	5	–	12,5
Свердлення ø11 мм	P6M5 або BK8 ø11	V=20–25 м/хв	0,15–0,25 мм/об	–	Емульс.	12,5
Гнуття (кут 30°)	Пуансон r=7 мм	–	–	–	Мастило	12,5
Зачистка кромки	Зачисний круг ø125	V=25–30 м/с	Ручна подача	0,3–0,5	–	12,5

2.4 Розробка схем базування деталі

Стояк лати культиватора є плоскою листовою деталлю. Товщина 5 мм при висоті H і довжині понад 700 мм (орієнтовно) робить деталь тонкою і гнучкою. Базування такої деталі вимагає достатньої кількості точок опори для запобігання прогибу заготовки при вирубці і гнутті.

На операції вирубки у штампі або при плазмовому різанні листовий прокат базується вільною плоскою поверхнею на плиту матриці або стіл верстата. Три опорні точки (настановна база) дозволяють деталь трьох ступенів вільності переміщення по вертикальній осі Z і обертання навколо осей X і Y. Бічний упор – напрямна база (2 ступені). Задній упор або тяговий пристрій – опорна база (1 ступінь). При плазмовому різанні заготовка фіксується магнітними або механічними затискачами рівномірно по довжині, щоб уникнути прогину листа під власною вагою.

На операції гнуття деталь вже вирубана і встановлюється у гнучий штамп або листогиб. Схема базування: нижня плоска поверхня на матрицю листогиба (настановна база, 3 ступені) Бічний упор матриці – напрямна база (2 ступені).

						КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
							23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

Задній упор – визначає положення лінії гнуття відносно краю деталі (6-й ступінь). Точне встановлення деталі відносно заднього упора є визначальним для правильного положення лінії гнуття і, відповідно, кута 30° готової деталі.

Похибка положення лінії гнуття:

$$\varepsilon_{\text{л.г.}} = \varepsilon_{\text{упор}} + \varepsilon_{\text{вирубки}} \leq 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ мм}$$

де $\varepsilon_{\text{упор}} = 0,5$ мм – похибка встановлення по задньому упору;

$\varepsilon_{\text{вирубки}} = 0,3$ мм – похибка вирубки по довжині.

Ця похибка спричиняє кутову похибку готового кута 30°

$$\Delta\alpha = \arctg(\varepsilon_{\text{л.г.}} / r) \quad (2.6)$$

$$\Delta\alpha = \arctg(0,8 / 7) \approx \arctg(0,114) \approx 6,5^\circ$$

Значення 6,5° є суттєвим для кута атаки лапи. Для зниження похибки необхідно підвищити точність упора до $\varepsilon_{\text{упор}} \leq 0,1$ мм.

На операції свердлення або пробивання отворів $\varnothing 11$ мм після гнуття деталь базується плоскою прямою ділянкою (верхньою частиною стояка) на магнітну плиту або на спеціальний пристрій з V-призмою для нижньої зігнутої частини. Базова поверхня для верхньої групи отворів – плоска пряма ділянка (3 ступінь). Базова поверхня для нижньої групи – зігнута ділянка у призмі або пристрої (5 ступінь). При свердлінні обох груп з одного установу в спеціальному кондукторі досягається точне взаємне положення осей отворів.

На контрольній операції деталь укладається на контрольну плиту плоскою прямою ділянкою. Кут 30° перевіряється кутоміром або кутовим шаблоном. Положення отворів $\varnothing 11$ мм контролюється штангенциркулем або контрольним пальцем.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.7 – Схеми базування стояка по операціях

Оп.	Операція	Настановна база (3 ст.)	Напрямна база (2 ст.)	Опорна база (1 ст.)
015 (штамп)	Вирубка контуру	Нижня пов. листа (матриця)	Бічний упор матриці	Задній упор (крок подачі)
015 (плазма)	Плазм. різання	Нижня пов. листа (стіл)	Магн. мех. затискачі	Програма ЧПК
020 (гнуття)	Гнуття кут 30°	Нижня пов. листа (матриця)	Бічний упор матриці	Задній упор (лінія гнуття)
025 (свердл.)	Свердл./пробив. $\varnothing 11$	Пряма ділянка (плита)	Кондуктор або упор	Торець стояка
030 (контроль)	Контроль кута 30°	Пряма ділянка (контр. плита)	Бічна поверхня	Торець (опора)

Таблиця 2.8 – Аналіз похибок базування по операціях

Оп.	Операція	Причина похибки базування	ϵ б, мм або °	Допустиме відхилення
015	Вирубка (штамп)	Зазор упор-лист	$\leq 0,3$ мм	$\pm IT14/2$ (14-й квал.)
020	Гнуття кут 30°	Похибка заднього упора	0,8 мм \rightarrow $\sim 6,5^\circ$	$\pm 1-2^\circ$ (кут атаки лапи)
025	Свердл. $\varnothing 11$	Зазор кондуктор-свердло	$\leq 0,05$ мм	$\pm IT14/2 = \pm 0,41$ мм ($\varnothing 11$)
Пружинення	Гнуття Ст6	Пружинення матеріалу Ст6	$\Delta\alpha \sim 2,7^\circ$	Компенсувати кутом пуансона

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ

Арк.

25

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення жорсткого стояка лапи культиватора розроблений з урахуванням серійного характеру виробництва сільськогосподарських машин, матеріалу Ст6 ДСТУ 2651:2005 [19] і визначальної вимоги до точності кута гнуття 30° . Принцип побудови: спочатку – плоскі операції (розкрій, вирубка, пробивання отворів), потім – гнуття, зачистка і контроль.

Послідовність пробивання отворів $\varnothing 11$ мм відносно гнуття має принципове значення. Два верхніх отвори (переріз А–А) розташовані у прямій частині стояка, що деформаціям при гнутті не підлягає – їх можна пробивати до або після гнуття. Два нижніх отвори (переріз Б–Б) розташовані у нижній зігнутій частині. При пробиванні до гнуття їх положення у розгортці визначається з урахуванням нейтрального шару і деформації листа, що є складним розрахунком. Тому для більшої точності розташування отвори у зоні гнуття пробиваються після гнуття.

Операція 005 – Заготівельна. Розкрій листового прокату Ст6 ДСТУ 2651:2005, товщина 5 мм, на смуги за картою розкрою на гільотинних ножах. Ширина смуги призначається за максимальною шириною з стояка плюс припуск 5 мм на вирубку з двох боків.

Операція 010 – Розмічальна (для дрібносерійного виробництва). Нанесення осей, контуру деталі і ліній гнуття за кресленком або шаблоном. При серійному виробництві зі штампом ця операція виключається.

Операція 015 – Вирубна. На пресі КД2322 (або КД2326 при великих зусиллях) у вирубному штампі вирубуеться зовнішній контур стояка. Одночасно пробиваються два верхніх отвори $\varnothing 11$ мм (переріз А–А), що розташовані поза зоною гнуття. Нижні два отвори у цій операції не пробиваються. Заготовка встановлюється по бічному і задньому упорах штампа. При плазмовому різанні одночасно вирізається контур і два верхніх отвори $\varnothing 11$ мм.

Операція 020 – Гнуття нижньої ділянки. Прес КД2322 або листогиб WC67K. Гнуття на кут 60° від початкового положення (пружинення дасть 30° від

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

вертикалі після розгину). Пуансон $r = 7$ мм – відповідає R7 на кресленнику. Деталь орієнтується перпендикулярно до напрямку прокатки. Задній упор визначає положення лінії гнуття. Контроль кута згибання першої деталі – кутоміром або кутовим шаблоном 30° . Після гнуття – огляд зовнішньої поверхні у зоні вигину на предмет тріщин.

Операція 025 – Свердлильна (два нижніх отвори $\phi 11$ мм). Верстат 2Н135 або радіально-свердлильний 2М55. Після гнуття деталь базується у спеціальному кондукторі по нижній вигнутій ділянці. Центрування і свердління двох отворів $\phi 11$ мм (переріз Б–Б). Позиціонування – за розмірами L_0 і 25 мм кресленника. Охолодження – емульсія. Зеніровка фасок $1 \times 45^\circ$ у чотирьох торцях отворів.

Операція 030 – Слюсарна. Зачистка задиринок по всьому контуру зачистним кругом. Обов'язкова зачистка кромки у зоні вигину. Перевірка відсутності тріщин у зоні го.

Операція 035 – Контрольна. Перевірка: кута 30° кутоміром або шаблоном (допуск $\pm 1^\circ$); діаметрів $\phi 11$ Н14 пробкою, відстаней між отворами штангенциркулем; загальної висоти H і розміру 25 мм; відсутності тріщин у зоні вигину.

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення корсткого стояка ланки культиватора

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
005	–	Розкрій листа Ст6, $t=5$ мм, на смуги	Ножиці Н3316	Упори	Ножі гільйотинні
010	–	Розмітка контуру, осей, ліній гнуття	Розміч. Плита	Шаблон рейсмас	Рейсмас, кернер
015А	А	Вирубка контуру + пробивання $2 \times \phi 11$ (А–А)	Прес КД2322	Комб. штамп	Вирубний штамп + пуансон $\phi 11$
015Б	А	Плазмове різання контуру + $\phi 11$ (А–А)	Плазма ЧПК	Магн. затискач	Плазмовий різак

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Оп.	Уст.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
020	А	Гнуття нижн. ділянки: $\alpha=60^\circ$, $r_0=7$ мм, пер. до прокатки	КД2322 або листогиб	Гнучий штамп, $r=7$	Пуансон $r=7$, матриця V
025	А	Центр. і свердл. $2 \times \varnothing 11$ мм (Б–Б), фаски $1 \times 45^\circ$	Свердл. 2H135	Кондуктор для зигн.	Свердло P6M5 $\varnothing 11$, зенківка
030	–	Зачистка кромки, контроль зони вигину	Верстат, болгарка	–	Зачисний круг, лупа
035	–	Контроль: кут 30° , $\varnothing 11$ Н14, Н, 25 мм	Контрол. Плита	Шаблон 30°	Кутомір, штанг., пробка $\varnothing 11$

Таблиця 2.10 – Оснащення для виготовлення стояка

№	Оснащення	Призначення	Матеріал	Операція
1	Вирубний штамп комбінований	Вирубка контуру + $\varnothing 11$ А–А	X12МФ (пуансон, матриця)	015А
2	Гнучий штамп, $r=7$ мм	Гнуття нижньої ділянки	У8А або аналог	020
3	Кондуктор для зигнутої ділянки	Свердлення $\varnothing 11$ (Б–Б)	Сталь 45	025
4	Шаблон кута 30°	Контроль кута після гнуття	Сталь 65Г, $t=3$ мм	020, 035
5	Свердло спіральне $\varnothing 11$ мм	Свердлення отворів Б–Б	P6M5, ДСТУ ISO 235	025

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ

Арк.

28

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Для листоштампованих деталей розрахунок припусків зводиться до визначення розмірів розгортки (для гнутих деталей) і припусків по контуру. Основним розрахунком є визначення довжини розгортки нижньої зігнутої ділянки стояка, що дає операційний розмір заготовки для операції гнуття.

Розрахунок довжини розгортки зігнутої ділянки. Кут гнуття від вертикалі – 30° , тобто зовнішня ділянка стояка відхиляється на 30° від прямого стержня. Кут гнуття $\alpha = 30^\circ$. Внутрішній радіус $r_0 = 7$ мм, товщина листа $s = 5$ мм. Коефіцієнт положення нейтрального шару для Ст6 при $R/s = 7/5 = 1,4$:

$$x = 0,33 + 0,67 \cdot (R/s - 0,5) / (R/s + 0,5) = 0,33 + 0,67 \cdot 0,9 / 1,9 \approx 0,33 + 0,32 = 0,65$$

За таблицями (Романовський «Обієктивне штампування») для $R/s = 1,4$, $x \approx 0,37-0,40$. Приймаємо $x = 0,38$ [5].

Радіус нейтрального шару:

$$\rho = r_0 + x \cdot s = 7 + 0,38 \cdot 5 = 7 + 1,9 = 8,9 \text{ мм}$$

Довжина нейтрального шару у зоні гнуття (дуга при куті 30°):

$$l_{\text{дуги}} = \pi \cdot \rho \cdot \alpha / 180^\circ = \pi \cdot 8,9 \cdot 30 / 180 = \pi \cdot 8,9 \cdot (1/6) \approx 4,66 \text{ мм}$$

Таким чином, загальна довжина розгортки стояка:

$$L_{\text{розгортки}} = L_{\text{пряма}} + l_{\text{нижня}} + l_{\text{дуги}}$$

де $L_{\text{пряма}}$ – довжина прямої верхньої ділянки (Н);

$l_{\text{нижня}}$ – довжина прямої нижньої ділянки після вигину (L_0);

$l_{\text{дуги}} = 4,66$ мм – довжина нейтрального шару у зоні гнуття.

Перевірка: маса заготовки-розгортки при товщині 5 мм. Орієнтовна площа деталі (при $H \approx 500$ мм, середня ширина ≈ 35 мм) $\approx 17\,500$ мм². Об'єм: $V = 17\,500 \cdot 5 = 87\,500$ мм³. Маса: $m = 87\,500 \cdot 10^{-9} \cdot 7850 \approx 0,69$ кг – порядок відповідає реальній деталі культиватора.

Припуск по ширині контуру. При штампуванні вирубкою припуск по контуру мінімальний – 0,3–0,5 мм для усунення задиринок. При шлізмовому різанні – 2 мм (ЗТВ). Ширина смуги заготовки:

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$B_{\text{смуги}} = a_{\text{та}} + 2 \cdot Z_{\text{край}} + \text{зазор між деталями}$$

де $a_{\text{та}}$ – максимальна ширина стояка у верхній частині;

$Z_{\text{край}} = 5$ мм – мінімальна перемичка між деталлю і краєм листа (для Ст6, $t=5$ мм). $Z_{\text{край}} \geq 1,5 \cdot s = 7,5$ мм; зазор між деталями = 5–8 мм (при одно- або дворядньому розкрої).

Припуск на товщину листа. Деталь виготовляється з листа товщиною 5 мм без обробки бічних поверхонь. Допуск на товщину листа Ст6, $t=5$ мм за ДСТУ 4448:2005 – $\pm 0,5$ мм (нормальна точність). Якщо кресленник вимагає $\pm IT14/2$ для розміру 5 мм – допуск $IT14 = 0,3$ мм, тобто $\pm 0,15$ мм, що є жорсткіше прокату. Якщо бічні поверхні потребують точного розміру 5 мм, слід застосовувати прокат підвищеної точності (АТ) або додаткове шліфування бічних поверхонь.

Таблиця 2.11 – Розрахунок розгортки зігнутої ділянки стояка

№	Ділянка розгортки	Формула	Значення	Примітка
1	Внутр. радіус вигину r_0		7 мм	За кресленням (R7)
2	Коефіц. нейтр. шару x	Таблиця Романовського	$x = 0,38$	Для $R/s = 1,4$, Ст6
3	Радіус нейтр. шару ρ	$r_0 + x \cdot s$	8,9 мм	$7 + 0,38 \cdot 5$
4	Довжина дуги $l_{\text{дуги}}$ (кут 30°)	$\pi \cdot \rho \cdot \alpha / 180^\circ$	4,66 мм	$\pi \cdot 8,9 \cdot 30 / 180$
5	Загальна розгортка	$L_{\text{пр}} + L_{\text{між}} + l_{\text{дуги}}$	$L_0 + H + 4,66$ мм	L_0, H – з кресленка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Таблиця 2.12 – Операційні розміри і припуски стояка по поверхнях

Поверхня	Варіант ТП	Z _{прип.} , мм	Прийн. Z, мм	Операційний розмір заготовки
Контур (довж. Н+L ₀)	Штамп	0,3 (задирина)	0,3–0,5	По розгортці + 4,66 мм (зиг)
Контур (довж. Н+L ₀)	Плазма ЧПК	2,0 (ЗТВ)	2,0/бік	По DXF з урахуванням +2 мм на бік
Товщина s = 5 мм	Обидва	0 (прскат)	0 або 0,3/бік	Лист t=5 мм (або 6 мм → шліф. до 5)
Отвори + \varnothing 11 мм (H14)	Штамп/свердл	–	–	Пуансон \varnothing 10,96, матриця \varnothing 11,73
Кут гнуття 30°	Гнуття	Пружинення $\Delta\alpha = 3,7^\circ$	Кут пуансо на 56°	Контроль кутоміром після гнуття $\pm 1^\circ$

Висновок. Виконані розрахунки підтверджують, що для гнуття нижньої ділянки стояка на кут 30° необхідне коригування кута пуансона на пружинення: кут пуансона має становити приблизно 56° замість 60°. Довжина дуги у зоні гнуття становить 4,66 мм, що необхідно врахувати при розрахунку розмірів розгортки заготовки. Параметри штампа для пробивання \varnothing 11H14 розраховані за стандартним методом пробивання. Нормативна база: ДСТУ 2651:2005 (Ст6), ДСТУ ISO 256-1:2002 (допуски) [20], ДСТУ ISO 2768-1:2001 (невказані відхилення) [22], (листовий прокат) [23].

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Будова та принцип роботи удосконаленого культиватора

Удосконалений культиватор призначений для передпосівного обробітку ґрунту, догляду за парами, знищення бур'янів та підготовки вирівняного посівного ложа. Конструкція машини складається з механізму навіски 1, зірчастих борін Хантмана 2, стрілочастих лап на пружинних столках 3, рами 4 та ротаційної борони 5.

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд удосконаленого культиватора

Основою конструкції є рама, на якій закріплені всі робочі органи. Приєднання культиватора до трактора здійснюється за допомогою механізму навіски. У передній частині машини встановлені зірчасті борони Хантмана, які виконують подрібнення рослинних решток, руйнування ґрунтової кірки та попереднє вирівнювання поверхні поля.

За боронами розташовані стрілочасті лапи, закріплені на столках. Вони виконують основну технологічну операцію – підрізання бур'янів та розпушування ґрунту на задану глибину. Розміщення лап забезпечує суцільне перекриття обробленої смуги та відсутність необроблених ділянок.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

У задній частині агрегату встановлена ротаційна борона, яка остаточно подрібнює грудки, вирівнює поверхню поля та формує дрібногрудочкувату структуру верхнього шару ґрунту.

Під час роботи культиватор переміщується по полю трактором. Спочатку ґрунт обробляється зірчастими боронами, після чого стрілчасті лапи здійснюють його розпушування та підрізання бур'янів. Завершальну обробку виконує ротаційна борона. Така послідовність роботи забезпечує якісну підготовку ґрунту до сівби за один прохід агрегату.

Особливістю удосконаленого культиватора є поєднання декількох технологічних операцій в одному агрегаті, що дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полю, скоротити витрати пального та підвищити продуктивність виконання робіт.

Принципова відмінність конструкції полягає у відмові від опорних коліс – під час руху агрегат спирається безпосередньо на зірчасті борони Хантмана і ротаційні борінки. Завдяки цьому вся маса машини переноситься на трактор, збільшуючи його зчепну вагу.

Функції між робочими органами розподілені так. Зірчасті борони Хантмана подрібнюють рослинні рештки, мульчують поверхню та розбивають брили й ґрунтову кірку на важких ґрунтах. Стрілчасті лапи здійснюють розпушування на глибину загортання насіння й одночасно зрізають бур'яни. Завершують технологічний процес ротаційні планчасті борони, які остаточно вирівнюють поле і доводять верхній прошарок до дрібногрудочкуватої структури, придатної для сівби.

Аналіз конструкції культиватора показав, що найбільш навантаженим елементом культиватора є стояк лапи, через який передаються всі сили взаємодії робочого органу з ґрунтом. Під час роботи стояк зазнає дії згинальних та ударних навантажень, що може призводити до появи залишкових деформацій і втомного руйнування матеріалу. З метою підвищення довговічності та надійності культиватора запропоновано удосконалити конструкцію стояка [1, 4, 6, 8].

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Елементом удосконалення є жорсткий стояк лапи культиватора, схема якого наведено на рисунку 2.1 підр.2.1.

Стояк являє собою штамповану деталь із листової сталі Ст6 товщиною 5мм. Конструкція стояка має змінну ширину по висоті, що дозволяє раціонально розподілити навантаження та зменшити масу деталі без зниження її міцності. У верхній частині виконано два отвори для кріплення стояка до рами культиватора, а в нижній частині – два отвори для встановлення стрілкової лапи [5, 13].

Особливістю конструкції є наявність нижнього вигину (зига), виконаного під кутом 30°. Таке конструктивне рішення забезпечує оптимальне розташування лапи відносно поверхні ґрунту, зменшує концентрацію напружень у зоні кріплення та покращує умови роботи робочого органу.

Під час роботи культиватора зусилля опору ґрунту через лапу передаються на стояк, який сприймає згинальні та крутні навантаження і передає їх на раму машини. Завдяки удосконаленій формі стояка підвищується його жорсткість, зменшується ймовірність появи залишкових деформацій та збільшується строк служби робочого органу.

В таблиці 3.1 наведено порівняння базової та удосконаленої конструкції стояка.

Таблиця 3.1 – Порівняння базової та удосконаленої конструкції стояка

Показник	Базова конструкція	Удосконалена
Тип стояка	суцільний	зі змінною шириною
Наявність зига	відсутній	наявний
Жорсткість	базова	підвищена
Концентрація напружень	вища	нижча
Очікувана довговічність	базова	підвищена

Аналіз даних таблиці показує, що запропонована конструкція стояка лапи має ряд переваг порівняно з базовим варіантом. Основною відмінністю є виконання стояка зі змінною шириною перерізу та наявністю нижнього зига, що

дозволяє більш раціонально розподіляти навантаження під час роботи культиватора.

3.2 Конструктивні та технологічні розрахунки

Розміщення робочих органів культиватора

Схема встановлення лап має виключати застрягання ґрунту та бур'янів між сусідніми робочими органами, а сам обробіток повинен відбуватися без пропусків. Щоб цього досягти, лапи зазвичай вмонтовують у два або три ряди.

На рисунку 3.3 наведена схема розміщення лап культиватора.

Рисунок 3.3 – Схема розміщення лап культиватора

Проміжок між рядами лап L_p (рис.3.3) обчислюють за виразом:

$$L_p \geq l_3 + L, \quad (3.1)$$

де L позначає виліт лапи, а l_3 – відстань, що знаходиться за формулою:

$$l_3 = h_0 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.2)$$

де φ є кутом тертя ґрунту по металу. Підстановка дає:

$$L_p \geq h_0 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + L \quad (3.3)$$

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Якщо взяти до уваги напрямки сколювання ґрунту, граничні розміри зони деформування у поздовжньому напрямку визначаються співвідношеннями:

$$L_{Pmax} \geq h_0 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi + \omega/2) + L, \quad (3.4)$$

$$L_{Pmin} = h_0 \operatorname{tg}(\alpha + \varphi - \omega/2) + L \quad (3.5)$$

Вибираючи відстань між рядами, орієнтуються водночас на протяжність зони деформування ґрунту за рухом лани та на потребу не допустити забивання агрегату рештками рослин. Практично L_P лежить у діапазоні від 300 до 550 мм; для розроблюваної машини приймаємо значення 400 мм.

Лапи переднього ряду навантажені приблизно удвічі сильніше за задні, оскільки працюють по ще цілому, не зруйнованому ґрунту. З огляду на це ширину захвату передніх лап беруть меншою порівняно із задніми.

Аби простір між розпушувальними лапами не забивався, відстань A між сусідніми лапами та відстань $L_{3.л.}$ між переднім і заднім рядами підбирають за умовами:

$$A > B_{P.л.} + \frac{2a \operatorname{tg}(\omega/2)}{\cos(\alpha + \varphi)}, \quad (3.6)$$

$$L_{3.л.} > a \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + l_L \quad (3.7)$$

У наведених залежностях $B_{P.л.}$ – ширина захвату розпушувальної лапи, що дорівнює 2 см, a – максимальна глибина обробітку, рівна 12 см; кути тертя ґрунту становлять $\varphi = 25^\circ$ та $\omega = 45^\circ$; l_L – довжина лапи, що складає 11 см; α – кут загострення леза лапи, прийнятий рівним 35° .

Після підстановки числових величин у вирази (2.6) і (2.7) маємо:

$$A = 2 + \frac{2 \cdot 12 \cdot \operatorname{tg}(45^\circ/2)}{\cos(35^\circ + 25^\circ)} = 21,88 \text{ см} \approx 0,22 \text{ м},$$

$$L_{3.л.} = 12 \cdot \operatorname{tg}(35^\circ + 25^\circ) + 11 = 24 \text{ см} \approx 0,24 \text{ м}.$$

Остаточню приймаємо $A = 0,23 \text{ м}$ та $L_{3.л.} = 0,25 \text{ м}$.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Параметри стрілкової лапи

Стрілчаста лапа є головним робочим органом культиватора. За характером роботи (рис. 3.4) вона нагадує два клина, зведені біля носка та розгорнуті під гострим кутом γ відносно лінії руху; занурюючись у ґрунт на глибину h_0 , лапа кришить і переміщує оброблюваний шар.

Рисунок 3.4 – Схема роботи стрілкової лапи

Величину кута γ підбирають так, щоб бур'яни перерізувалися ковзним різанням, а їхнє коріння безперешкодно сповзало вздовж леза. Порушення цієї умови спричиняє обволікання леза: нерозрізані стебла й корені скупчуються на крилах, лапа припиняє подрізати бур'яни і виштовхується з ґрунту.

Під час руху лапи на стебло бур'яну діє сила R (рис. 3.5), рівна силі зминання ґрунту. Її розкладають на тангенціальну складову $T = R \cdot \cos \gamma$, спрямовану вздовж леза, і нормальну $N = R \cdot \sin \gamma$. Бур'яни сповзатиме лезом за умови:

$$T > F, \quad (3.8)$$

де F – сила тертя бур'яну об лезо:

$$F = f \cdot N \quad (3.9)$$

причому коефіцієнт тертя дорівнює $f = \operatorname{tg} \varphi$. Підставивши вирази для T та N у нерівність (3.8), одержуємо умову:

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) > \operatorname{tg} \varphi, \quad \gamma < 90^\circ - \varphi$$

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 3.5 – Схема сил, що діють на лезо лапи у момент підрізання бур'яну

Прийнявши для бур'янів $\varphi = 45^\circ$, дістаємо $\gamma < 45^\circ$. Для ґрунтів середньої в'язкості радять застосовувати кут розхилу в межах $60^\circ \dots 78^\circ$; у проекті приймаємо $2\gamma = 65^\circ$.

Кутом різання β_0 (рис. 3.6) називають кут між верхньою кромкою леза та горизонталлю у перерізі, що перпендикулярний лезу. Його обчислюють за виразом:

$$\beta_0 = i + \varepsilon, \quad (3.10)$$

де i – кут загострення ($12^\circ \dots 15^\circ$), а ε – поглиблений кут, рівний 10° . Звідси:

$$\beta_0 = (12 \dots 15) + 10 = 22^\circ \dots 25^\circ$$

Рисунок 3.6 – Схеми заточки леза стрічкової лапи

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Оскільки кут кришіння для проекрованої машини потрапляє у проміжок від 15° до 25° , лезо доводиться загострювати з обох боків. Згідно з ДСТУ 2189–93, затуплення леза не повинне перевищувати 0,3 мм.

Кут підйому грудей лапи α пов'язаний з кутами β та γ тригонометричним співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \gamma. \quad (3.11)$$

Для прийнятої універсальної лапи за ДСТУ 2189–93 маємо $\beta = 20^\circ \dots 30^\circ$ та $\gamma = 16^\circ$ (28°). Висоту заднього обрізу полиці $l = 107$ мм забезпечує збільшення ширини полиці b , яку беремо рівною 58 мм.

Товщину металу лапи S орієнтовно визначають із залежності, прийнятої для полільних лопат:

$$S \leq 0,02 B. \quad (3.12)$$

Ширину захвату B призначають, урахувавши стабільність заглиблення, розпушувальну спроможність та зручність розстановки лопат при міжрядному обробітку просапних культур. Для обраного типу лапи беремо $B_{\text{сл.}} = 330$ мм, чому відповідає товщина $S = 6$ мм.

Робочі органи приєднують до стоек як знімні елементи, що спрощує заміну одного типу лопат на інший та зняття їх для заточування. Стрілчасті лапи проектованого агрегата кріпимо на жорстких стойках (рис. 3.1), виготовлених зі сталі марки не нижче Ст6.

Перевірка на міцність стійки лапи

Напруження та деформації у стійці лапи зумовлені силою опору ґрунту, що розподіляється по всій робочій поверхні органу. Найжорсткіші умови виникають, коли зосереджене зусилля прикладене лише до крайньої точки полицки (рис. 3.7), тож саме цей випадок беруть за основу міцнісного розрахунку.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Рисунок 3.7 – Розрахункова схема стійки лапи культиватора

Для зручності силу R розкладають на складові $R \sin \gamma$ та $R \cos \gamma$ і вважають, що вона лежить у горизонтальній площині, тобто $\beta = 0$.

Зусилля опору, що сприймає робочий орган, обчислюють за виразом:

$$K = \frac{(B_k - 2e \cdot m) \cdot q - G_p \cdot f}{n}, \quad (3.13)$$

де n – кількість лап. Числова підстановка дає:

$$R = \frac{(5,6 - 2 \cdot 0,07 \cdot 9) \cdot 2 - 6 \cdot 0,2}{18} = 430 \text{ Н.}$$

Найбільш небезпечним є переріз 1-1, розташований там, де стійка з'єднується з гряділем. Згинальні моменти у ньому становлять:

$$M_X = R \sin \gamma \cdot H; \quad M_Y = R \cos \gamma \cdot H, \quad (3.14)$$

де H – повна висота лапи зі стійкою, рівна 480 мм. Максимальне нормальне напруження у перерізі знаходять за формулою:

$$\sigma_{3Г} = \frac{M_X}{W_Y} + \frac{M_Y}{W_X}, \quad (3.15)$$

де W_Y та W_X – осьові моменти опору перерізу стійки, які обчислюють так:

$$W_Y = \frac{b_c^2 h_c}{6}; \quad W_X = \frac{h_c^2 b_c}{6}, \quad (3.16)$$

де b_c – ширина перерізу стійки (14 мм), а h_c – його висота (45 мм).

Підставивши ці дані у вираз (3.15) з урахуванням (3.16), отримаємо:

$$\sigma_{3Г} = \frac{480 \cdot 430 \cdot \sin 32^\circ}{14^2 \cdot 45 / 6} + \frac{480 \cdot 430 \cdot \cos 32^\circ}{45^2 \cdot 14 / 6} = 142,2 \text{ Н/мм}^2$$

					КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Окрім згину, стійка зазнає кручення моментом:

$$M_{\text{кр}} = \frac{1}{2} E \cdot R \cdot \sin \gamma, \quad (3.17)$$

де B – ширина захвату лапи, що дорівнює 330 мм. Тоді:

$$M_{\text{кр}} = \frac{1}{2} \cdot 330 \cdot 430 \cdot \sin 32^\circ = 37\,597,7 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 37,6 \text{ кН} \cdot \text{мм}.$$

Дотичні напруження від кручення дорівнюють:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{кр}}} \quad (3.18)$$

де $W_{\text{кр}}$ – момент опору стійки при крученні, що визначається виразом:

$$W_{\text{кр}} = \alpha \cdot b_c^2 \cdot h_c \quad (3.19)$$

Коефіцієнт α залежить від відношення h_c/b_c ; за довідковими даними він дорівнює 0,801. Отже:

$$W_{\text{кр}} = 0,801 \cdot 14^2 \cdot 45 = 2\,197 \text{ мм}^3,$$

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{37\,597,7}{2\,197} = 17 \text{ Н/мм}^2.$$

Приведене напруження у стійці полільної лапи знаходять за залежністю:

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{\sigma_{\text{зг}}^2 + 4 \cdot \tau_{\text{кр}}^2} \quad (3.20)$$

Підстановка раніше отриманих значень дає:

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{142,2^2 + 4 \cdot 17^2} = 146,2 \text{ Н/мм}^2.$$

Для сталі Ст6 за ДСТУ 2651:2005, з якої виготовлена стійка, допустиме напруження дорівнює $[\sigma] = 160 \text{ Н/мм}^2$. Порівняння показує, що $\sigma_{\text{пр}} = 146,2 \text{ Н/мм}^2$ менше за $[\sigma] = 160 \text{ Н/мм}^2$, тобто умова міцності виконується. Стійка лапи має достатній запас несучої здатності й витримує розрахункові навантаження без залишкових деформацій та руйнування [6].

Висновки. У розділі розглянуто будову та принцип роботи удосконаленого культиватора для передпосівного обробітку ґрунту. Встановлено, що найбільш навантаженим елементом конструкції є стійка стрілкової лапи, який сприймає значні згинальні та крутні навантаження під час взаємодії робочого органу з ґрунтом.

					КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

З метою підвищення надійності та довговічності машини запропоновано удосконалену конструкцію жорсткого стояка лапи зі змінною шириною перерізу та нижнім зигом. Запропоноване технічне рішення забезпечує більш раціональний розподіл навантажень, зменшення концентрації напружень і підвищення жорсткості конструкції без істотного збільшення її маси.

У результаті виконаних конструктивних розрахунків визначено основні параметри розміщення робочих органів культиватора та геометричні характеристики стрілезатої лапи. Проведений розрахунок на міцність показав, що максимальні еквівалентні напруження у стояку не перевищують допустимих значень, а коефіцієнт запасу міцності забезпечує надійну роботу деталі в експлуатаційних умовах.

Таким чином запропонована конструкція стояка лапи є працездатною, відповідає вимогам міцності та може бути рекомендована для впровадження в конструкцію культиватора з метою підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Одним із основних напрямів підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва є удосконалення конструкцій ґрунтообробних машин. Від технічного рівня культиваторів значною мірою залежать якість передпосівного обробітку ґрунту, продуктивність агрегатів, витрати пального та експлуатаційні витрати на виконання технологічних операцій.

У проєкті запропоновано удосконалення конструкції культиватора шляхом модернізації одного з найбільш навантажених елементів робочого органу – стояка стрілкової лапи. Аналіз умов експлуатації показав, що під час роботи культиватора стояки сприймають значні згинальні та ударні навантаження, які можуть призвести до деформації, появи тріщин і передчасного виходу з ладу робочих органів. Це негативно впливає на надійність машини, якість обробітку ґрунту та збільшує витрати на ремонт і технічне обслуговування.^[1, 9]

Запропонована конструкція жорсткого стояка зі змінною шириною перерізу та додатковим згином забезпечує більш раціональний розподіл навантажень, підвищення жорсткості та довговічності робочого органу. У результаті зменшується ймовірність деформацій і поломок, скорочуються витрати на заміну деталей та підвищується надійність роботи культиватора в цілому [6, 7].

Метою техніко-економічного обґрунтування є визначення економічної доцільності впровадження удосконаленої конструкції культиватора та оцінка економічного ефекту, отриманого внаслідок підвищення ресурсу роботи стояків лап, зменшення ремонтних витрат і покращення експлуатаційних показників машини.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначення вартості виготовлення удосконаленого стояка

Вартість виготовлення одного стояка визначаємо за формулою:

$$C = C_M + C_{зп} + C_B, \quad (4.1)$$

де C_M – вартість матеріалу, грн;

$C_{зп}$ – заробітна плата на виготовлення деталі, грн;

C_B – накладні витрати, грн.

Маса стояка зі сталі Ст6 товщиною 5 мм становить приблизно 2,5 кг.

Вартість матеріалу:

$$C_M = 2,5 \cdot 45 = 112,5 \text{ грн},$$

де 45 грн/кг – середня вартість листової сталі

Витрати на виготовлення приймаємо: $C_{зп} = 120$ грн

Накладні витрати приймаємо у розмірі 80 % від заробітної плати:

$$C_B = 0,8 \cdot 120 = 96 \text{ грн}.$$

Тоді повна собівартість одного стояка становить:

$$C = 112,5 + 120 + 96 = 328,5 \text{ грн}.$$

Приймаємо: $C = 330$ грн.

Визначення економії від підвищення довговічності

За даними експлуатації стандартний стояк працює в середньому 3 роки, після чого потребує заміни.

Удосконалена конструкція забезпечує збільшення ресурсу приблизно на 30%, тобто до 4 років.

У культиваторі встановлено 15 стояків.

Вартість комплексу стандартних стояків:

$$C_0 = 15 \cdot 330 = 4950 \text{ грн}.$$

Річні витрати на заміну стояків:

$$B_0 = 4950 / 3 = 1650 \text{ грн}.$$

Для удосконаленої конструкції

$$B_y = 4950 / 4 = 1237,5 \text{ грн}.$$

					КРБ.133ГМ6д_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Річна економія становить:

$$E = 1650 - 1237,5 = 412,5 \text{ грн.}$$

Крім того, зменшуються витрати на ремонтні роботи та простої техніки.

Приймаємо додаткову економію:

$$E_d = 600 \text{ грн/рік.}$$

Тоді загальна річна економія:

$$E_p = 412,5 + 600 = 1012,5 \text{ грн}$$

Приймаємо: $E_p = 1013 \text{ грн/рік.}$

Визначення капітальних вкладень

Додаткові витрати на виготовлення удосконаленого стояка порівняно з базовим становлять:

$$\Delta K = 1200 \text{ грн.}$$

Термін окупності

Термін окупності визначається за формулою:

$$T = \Delta K / E_p, \quad (4.2)$$

$$T = 1200 / 1013 = 1,1 \text{ року.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_k = E_p / \Delta K, \quad (4.3)$$

$$E_k = 1013 / 1200 = 0,84.$$

Отримане значення перевищує нормативний коефіцієнт економічної ефективності $E_n = 0,15$, що свідчить про економічну доцільність впровадження розробки.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники

Показник	Значення
Вартість одного стояка, грн	330
Кількість стояків у культиваторі, шт.	15
Вартість комплекту стояків, грн	4950
Річна економія від підвищення ресурсу, грн	412,5
Додаткова економія від зменшення ремонтів, грн	600
Загальна річна економія, грн	1013
Додаткові капітальні вкладення, грн	1200
Термін окупності, років	1,1
Коефіцієнт економічної ефективності	0,84

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Виконані розрахунки показали, що впровадження удосконаленої конструкції жорсткого стояка лапи культиватора є економічно доцільним. Підвищення жорсткості та довговічності стояка дозволяє зменшити витрати на ремонт і заміну робочих органів, скоротити простої техніки та підвищити надійність роботи культиватора. Річний економічний ефект становить 1013 грн, коефіцієнт економічної ефективності дорівнює 0,84, а термін окупності додаткових витрат близько 1 року.

4.2 Охорона праці

Охорона праці є невід'ємною складовою виробничої діяльності в агропромисловому комплексі та спрямована на забезпечення безпечних і здорових умов праці працівників. Під час виконання технологічних операцій з використанням ґрунтособної техніки на працівників можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язані з роботою машинно-тракторних агрегатів, рухомими деталями механізмів, підвищеним рівнем шуму, вібрації, запиленості повітря та несприятливими метеорологічними умовами.

Експлуатація удосконаленого культиватора повинна здійснюватися відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві та експлуатаційної документації на машину. До роботи допускаються особи віком не менше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та перевірку знань з питань охорони праці [15].

Перед початком роботи необхідно провести щозмінний технічний огляд культиватора. Особливу увагу слід приділяти перевірці справності механізму навіски, надійності кріплення стрічастих лап, зірчастих борін та ротаційної борони. Не допускається експлуатація машини при наявності тріщин у рамі, деформованих стояках, пошкоджених зварних швів або ослаблених різьбових з'єднань.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При агрегуванні культиватора з трактором необхідно дотримуватись вимог безпеки. Забороняється перебування людей між трактором та культиватором під час під'їзду трактора до машини. З'єднання навісної системи повинно виконуватись тільки після повної зупинки трактора та вимкнення двигуна. Після агрегування необхідно перевірити справність гідросистеми та надійність фіксації всіх елементів навіски.

Під час роботи агрегату працівник повинен постійно контролювати стан робочих органів і дотримуватись безпечної швидкості руху. Забороняється очищати лапи, борони або інші робочі органи від рослинних решток під час руху машини. Усі регулювальні та ремонтні роботи необхідно виконувати лише після опускання агрегату на землю, вимкнення двигуна трактора та вжиття заходів щодо запобігання його самовільному руху.

Особливу небезпеку під час роботи становлять гострі кройки стрілочастих лап та рухомі елементи ротативної борони. При обслуговуванні культиватора необхідно користуватись захисними рукавицями та спеціальним інструментом. Для запобігання травмуванню сторонніх осіб забороняється перебування людей ближче ніж на 15-20 м від працюючого агрегату.

Одним із шкідливих виробничих факторів є запиленість повітря робочої зони. Під час передпосівного обробітку ґрунту концентрація пилу може перевищувати допустимі значення, особливо в суху погоду. Для захисту органів дихання рекомендується використовувати респіратори, а для захисту очей – захисні окуляри. Рівень шуму в кабіні трактора повинен відповідати встановленим санітарним нормам, а робоче місце механізатора має бути обладнане засобами захисту від вібрації.

Важливим заходом профілактики виробничого травматизму є проведення своєчасного технічного обслуговування машин. Регулярна перевірка стану стояків лап, кріпильних елементів та робочих органів дозволяє своєчасно виявляти пошкодження та запобігати аварійним ситуаціям під час експлуатації.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Запропоноване удосконалення конструкції стояка лапи сприяє підвищенню безпеки роботи культиватора. Завдяки підвищеній жорсткості та міцності стояка зменшується ймовірність його деформації або руйнування під дією змінних навантажень. Це забезпечує стабільну роботу робочих органів і знижує ризик виникнення небезпечних ситуацій під час виконання польових робіт.

Таким чином, дотримання вимог охорони праці, своєчасне технічне обслуговування машин та застосування удосконаленої конструкції стояка лапи забезпечують безпечну експлуатацію культиватора та створюють належні умови праці механізатора.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Одним із пріоритетних напрямів розвитку сучасного агропромислового комплексу є забезпечення екологічної безпеки виробництва та раціональне використання природних ресурсів. Сільське господарство безпосередньо пов'язане з використанням земельних, водних і енергетичних ресурсів, тому будь-які технологічні рішення повинні враховувати їх вплив на навколишнє середовище. Важливу роль у збереженні родючості ґрунтів та підвищенні екологічної ефективності виробництва відіграє використання сучасних ґрунтообробних машин і агрегатів [10].

Під час виконання передпосівного обробітку ґрунту можливий негативний вплив на довкілля, який проявляється у руйнуванні структури ґрунту, розвитку ерозійних процесів, ущільненні орного шару, підвищенні запиленості повітря, а також забрудненні навколишнього середовища паливно-мастильними матеріалами. Тому під час проектування та експлуатації культиваторів необхідно передбачати технічні рішення, спрямовані на зниження антропогенного навантаження на природні екосистеми.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Запропонований удосконалений культиватор забезпечує виконання декількох технологічних операцій за один прохід по полю. Поєднання зірчастих борін Хантмана, стрічастих лап та розсадійної борони дозволяє одночасно виконувати розпушування ґрунту, підрізання бур'янів, подрібнення рослинних решток і вирівнювання поверхні поля. Це сприяє зменшенню кількості проходів машинно-тракторних агрегатів, що, у свою чергу, дозволяє скоротити витрати дизельного пального на 15–20 % порівняно з виконанням зазначених операцій окремими машинами.

Скорочення кількості проходів техніки по полю має важливе екологічне значення. Внаслідок багаторазового проходження тракторів відбувається ущільнення ґрунту, що погіршує його водно-повітряний режим, зменшує проникність для вологи та ускладнює розвиток кореневої системи рослин. Використання комбінованого культиватора дозволяє суттєво знизити інтенсивність ущільнення орного шару та сприяє збереженню природної структури ґрунту.

Особливе значення має боротьба з ерозійними процесами. Щорічно значні площі сільськогосподарських угідь зазнають негативного впливу водної та вітрової ерозії. Застосування зірчастих борін Хантмана забезпечує якісне подрібнення рослинних решток та їх рівномірне розміщення на поверхні поля. Утворений мульчувальний шар зменшує швидкість руху поверхневих вод, підвищує накопичення вологи та захищає ґрунт від руйнування під дією атмосферних опадів і вітру.

Важливим екологічним аспектом є збереження та відтворення родючості ґрунтів. Після обробки культиватором створюються сприятливі умови для накопичення органічної речовини у верхньому шарі ґрунту. Рослинні рештки поступово розкладаються та поповнюють запаси гумусу, що позитивно впливає на агрофізичні та агрохімічні властивості ґрунту. Це дозволяє підвищити його природну родючість та зменшити потребу у внесенні додаткових органічних добрив.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Зменшення витрат пального безпосередньо впливає на скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу. Під час роботи дизельних двигунів утворюються оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні, сажа та інші токсичні компоненти. Використання комбінованого агрегату дозволяє скоротити загальний час роботи тракторів і відповідно зменшити обсяги шкідливих викидів. Це сприяє покращенню екологічного стану території та зниженню негативного впливу на здоров'я населення.

Одним із джерел забруднення навколишнього середовища є паливно-мастильні матеріали. Під час технічного обслуговування культиватора необхідно суворо дотримуватись правил поводження з мастилами, паливом та технічними рідинами. Заправлення машин повинно здійснюватися на спеціально обладнаних майданчиках із твердим покриттям. Не допускається потрапляння нафтопродуктів у ґрунт, водойми або системи водовідведення.

Відпрацьовані мастила, фільтри, металобрухт, зношені робочі органи та інші відходи повинні збиратися окремо та передаватися спеціалізованим підприємствам для утилізації або переробки. Дотримання цих вимог дозволяє зменшити рівень техногенного забруднення навколишнього середовища та забезпечити раціональне використання вторинних матеріальних ресурсів.

Під час проведення польових робіт важливим є дотримання вимог пожежної безпеки. Робота машин на сухих стерневих полях супроводжується ризиком виникнення пожеж від іскер вихлопної системи або перегрітих деталей техніки. Для запобігання загорянням трактори повинні бути обладнані справними іскрогасниками та вогнегасниками, а рослинні залишки на деталях машин необхідно регулярно очищати.

Екологічна ефективність запропонованої конструкції також полягає у підвищенні довговічності стояк лапи. Збільшення ресурсу роботи деталі дозволяє зменшити витрати металу на виготовлення запасних частин, скоротити обсяги ремонтних робіт та знизити матеріаломісткість експлуатації культиватора.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Це відповідає сучасним принципам ресурсозбереження та раціонального природокористування [10].

Таким чином, застосування удосконаленого культиватора сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля, забезпечує збереження структури та родючості ґрунтів, скорочує витрати паливно-енергетичних ресурсів, знижує рівень шкідливих викидів в атмосферу та відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки сільськогосподарського виробництва. Запропоноване технічне рішення є екологічно доцільним і може бути рекомендоване для широкого впровадження в аграрному секторі України.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне завдання підвищення ефективності роботи культиватора шляхом удосконалення конструкції жорсткого стояка лапи. Проведений аналіз показав, що стояк є одним із найбільш навантажених елементів робочого органу культиватора, від якого значною мірою залежать надійність машини, якість обробітку ґрунту та довговічність експлуатації.

Проаналізовано призначення та особливості застосування культиваторів, виконано огляд існуючих конструкцій робочих органів і конструкції культиватора-прототипу UNIA KOMBI 3.0. Встановлено, що недовідагна жорсткість стояків лап на ущільнених ґрунтах може призводити до їх деформації та погіршення стабільності глибини обробітку.

Виконано аналіз технологічності деталі «Жорсткий стояк лапи культиватора», обґрунтовано вибір матеріалу Ст6, розроблено маршрут виготовлення, визначено способи формоутворення поверхонь, схеми базування та режими обробітку. Встановлено, що конструкція деталі є технологічною та придатною для виготовлення в умовах серійного виробництва.

Запропоновано удосконалену конструкцію стояка лапи зі змінною шириною перерізу та нижнім зігом. Запропоноване технічне рішення забезпечує більш рівномірний розподіл навантажень, зменшення концентрації напружень і підвищення жорсткості конструкції без істотного збільшення її маси. Конструктивні розрахунки підтвердили працездатність і міцність запропонованої конструкції. Отримані значення напружень не перевищують допустимих для обраного матеріалу, що свідчить про забезпечення необхідного запасу міцності та надійності в процесі експлуатації.

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що впровадження удосконаленого стояка дозволяє збільшити термін служби робочого органу, зменшити витрати на ремонт і технічне обслуговування

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

культиватора та забезпечити позитивний економічний ефект від впровадження розробки.

У роботі розроблено комплекс заходів з охорони праці та охорони навколишнього середовища, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації культиватора, зменшення виробничих ризиків та мінімізацію негативного впливу технологічного процесу на довкілля.

Практичним результатом роботи є розроблений комплект конструкторської документації на удосконалений жорсткий стояк лапи культиватора, який може бути використаний машинобудівними та ремонтними підприємствами при виготовленні нових і модернізації існуючих ґрунтообробних машин.

Отже, поставлена мета роботи – удосконалення конструкції культиватора шляхом розробки жорсткого стояка лапи – повністю досягнута. Запропонована конструкція є технічно обґрунтованою, технологічною у виготовленні, економічно доцільною та придатною для практичного впровадження.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Борисенко Г. Б., Лобачевський Я. П., Максимов І. І. Напружено-деформований стан стояків культиваторів під час роботи на кам'янистих ґрунтах. Техніка і технології АПК. 2022. № 4. С. 12–18
2. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Войтюк В. Д. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник. Суми: Університетська книга, 2019. 343с
3. Горбенко О. В., Мельник В. І., Тіщенко Л. М. Розрахунок міцності деталей сільськогосподарської техніки методом скінченних елементів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2023. Вип. 53. С. 64–72.
4. Гуков Я. С., Дячун А. Є., Рубцов М. О. Вплив конструктивних параметрів стояка на динамічні навантаження при культивації. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2022. Вип. 4 (116). С. 90–98.
5. Загорулько О. І., Новіков В. В., Крилов Ю. А. Штампування фасонних профілів стояків культиваторів з листової сталі. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2022. № 2. С. 201–208.
6. Кислун О. А., Журавель Д. П., Черниш О. В. Методика розрахунку стояків культиваторів на міцність з урахуванням динамічних навантажень. Науковий журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК». 2024. № 1 (124). С. 3–11.
7. Кравченко В. І., Карпець І. П., Селяр О. Г. Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин шляхом термічного зміцнення. Науковий вісник НУБіП України. 2020. Вип. 306. С. 78–86
8. Кувачов В. П., Ефіменко А. І., Безруков В. І. Дослідження зусиль, що діють на стояк лати культиватора. Науковий журнал «Агроінженерія». 2023. № 2 (6). С. 45–53.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

9. Ловейки В. С., Рибалко Ю. О., Діктерук М. Г. Динамічний аналіз навантаження стояків культиваторних лап під час роботи на підвищених швидкостях. Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету. 2021. № 2. С. 67–75.

10. Мітков В. Б., Шабанов П. О., Пасічник Н. В. Обґрунтування раціональних параметрів робочих органів культиваторів для передпосівного обробітку ґрунту. Вісник аграрної науки. 2021. № 3. С. 56–63.

11. Мельник Л. Г. Основи екології та охорони навколишнього середовища. Суми: Університетська книга, 2021. 548 с.

12. Паладійчук Ю. Б., Фльонтус О. І., Дудніченко О. С. Удосконалення конструкції секцій культиватора для забезпечення рівномірної глибини обробітку. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2022. Вип. 52. С. 89–96.

13. Пасічник В. І., Руткевич В. С. Конструктивно-технологічне обґрунтування параметрів жорстких стояків культиваторних лап для мінімального обробітку ґрунту. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2022. № 1 (112). С. 22–31.

14. Попик П. С., Свистун С. О. Обґрунтування матеріалу та термічної обробки деталей робочих органів культиваторів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2023. № 32. С. 58–66.

15. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві: затв. наказом Держгірпромнагляду України від 17.03.2010 № 46. – К., 2018. – 128 с.

16. Свистун О. І., Данченко М. М., Мовчан І. В. Технологічні методи підвищення зносостійкості лап та стояків культиваторів. Прогресивні техніка та технології марчових виробництв. 2021. Вип. 2 (44). С. 113–121.

17. Черниш О. В., Колісник О. С. Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану деталей ґрунтообробних машин у SolidWorks Simulation. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. 2023. Вип. 242. С. 36–44.

						КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк.
							55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			

18. Шмат С. І., Присяжнюк О. Л., Журавель Д. П. Аналіз конструктивних рішень стояків ланч культиваторів вітчизняного та зарубіжного виробництва. Вісник ХНТУСГ. 2021. Вип. 228. С. 100–109.

19. ДСТУ 2651:2005. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.

20. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Київ: Держспоживстандарт України, 2002.

21. ДСТУ 8540:2015. Прокат сортовий і фасонний зі сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2015.

22. ДСТУ ISO 2768-1-2001 Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків. Київ: Держспоживстандарт України, 2001.

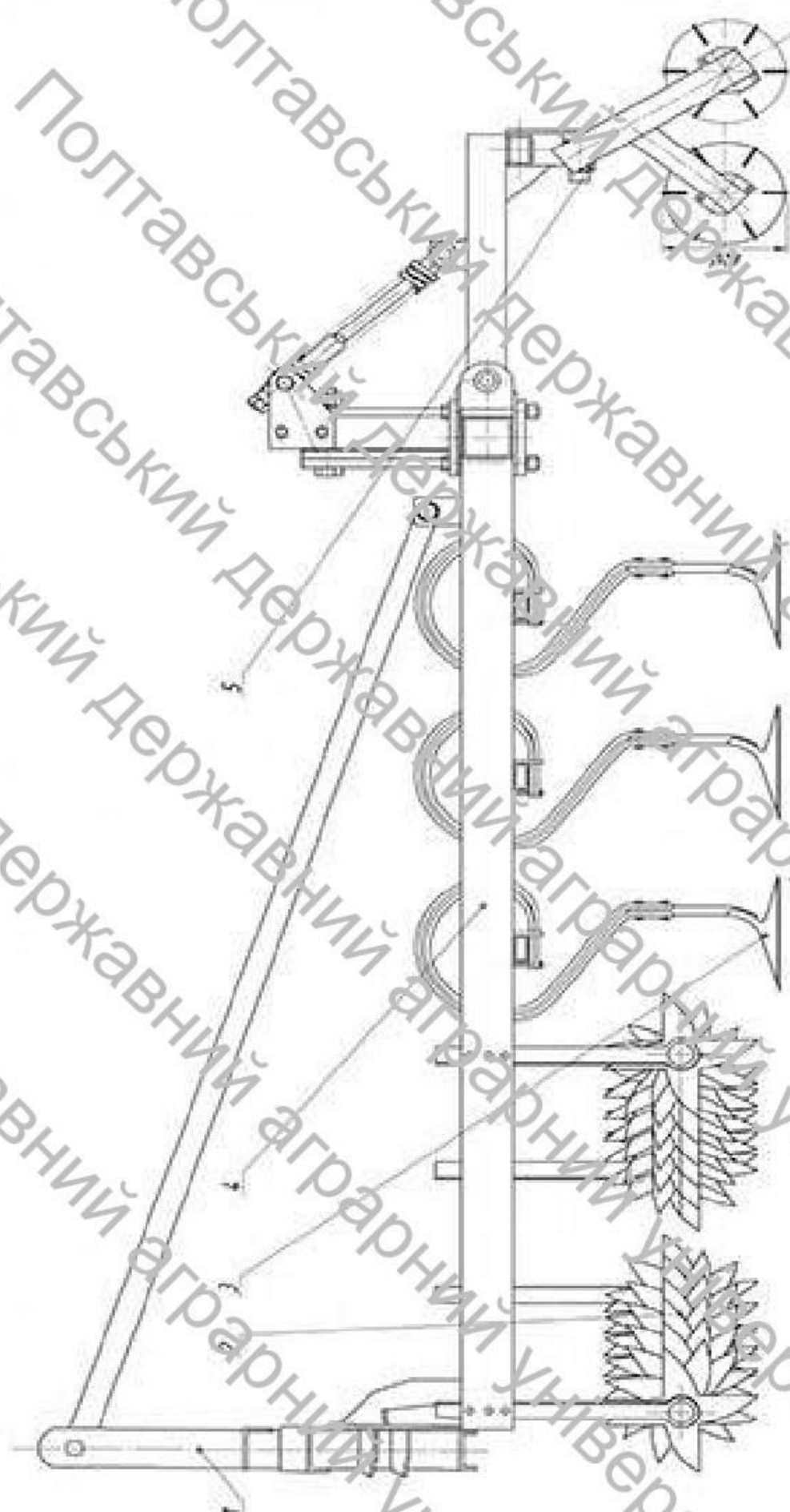
23. ДСТУ 4448:2005. Прокат сортовий і фасонний зі сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умов. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ДОДАТКИ

					КРБ.133ГМбд_41.12.00.00.000 ПЗ	Арк. 57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Полтавський державний аграрний університет



Лист № 1

Титульний лист

№ 1

№ 2

№ 3

№ 4

№ 5

№ 6

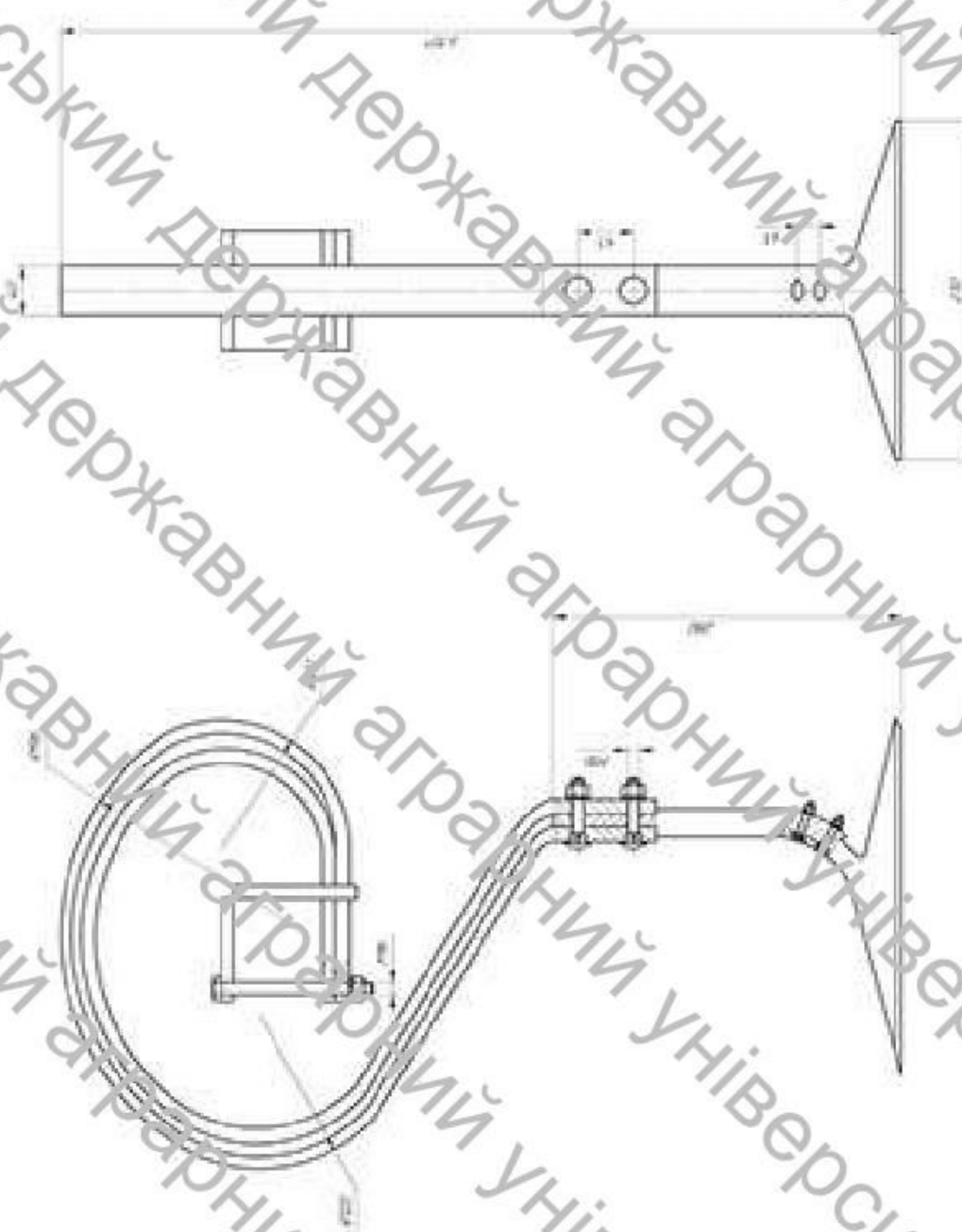
№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36
37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54
55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66
67	68	69	70	71	72
73	74	75	76	77	78
79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96
97	98	99	100	101	102
103	104	105	106	107	108
109	110	111	112	113	114
115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132
133	134	135	136	137	138
139	140	141	142	143	144
145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156
157	158	159	160	161	162
163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174
175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186
187	188	189	190	191	192
193	194	195	196	197	198
199	200	201	202	203	204
205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216
217	218	219	220	221	222
223	224	225	226	227	228
229	230	231	232	233	234
235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246
247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258
259	260	261	262	263	264
265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276
277	278	279	280	281	282
283	284	285	286	287	288
289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет	
Спеціальність	11.02.01
Факультет	11.02.01
Курс	11.02.01
Семестр	11.02.01
Група	11.02.01
Викладач	11.02.01
Студент	11.02.01
Тема	11.02.01
Дата	11.02.01



Полтавський державний аграрний університет
Інженерно-технічний факультет
Кафедра інженерної графіки
Завдання на виконання курсового проекту
Тема: Конструювання деталі

№	П.І.П.	Дата
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		
100		

