

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: «Розробка конструкції комбінованого агрегату для підготовки ґрунту
та посіву зернових культур»

КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_32[2]
ЗЕНОВ Олександр

Керівник: ЗУБКО Владислав

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

Олександр ЗЕНОВ

1 Тема роботи: *«Розробка конструкції комбінованого агрегату для
підготовки ґрунту та посіву зернових культур»*

керівник роботи **доктор техн. наук, доцент Вєтохін Володимир,**
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 сівалки;
складальний кресленик сошника, що виноситься на розгляд; робочі кресленики
деталей сошника.*

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 _____ Олександр ЗЕНОВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир Ветохін
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 7 рисунків, 15 таблиць, 21 використане джерело, 1 додаток, 51 сторінка.

Об'єкт розробки – технологічний процес передпосівної підготовки ґрунту та посіву зернових культур.

Предмет розробки – конструкція комбінованого агрегату для одночасного виконання передпосівного обробітку ґрунту та висіву зернових культур.

Постановка актуальної технічної задачі – підвищення ефективності виконання передпосівного обробітку ґрунту та посіву зернових культур шляхом удосконалення конструкції комбінованого агрегату, що забезпечує зменшення кількості проходів техніки по полю, скорочення витрат пального, підвищення продуктивності праці та покращення агротехнічних показників посіву.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції комбінованого агрегату для підготовки ґрунту та посіву зернових культур.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра. Розробка комплексу конструкторської документації на удосконалений комбінований агрегат, який може бути використаний у сільськогосподарських підприємствах різних форм власності.

У **загальному розділі** проведено аналіз сучасного стану виробництва зернових культур в Україні, розглянуто існуючі конструкції комбінованих посівних агрегатів, виконано аналіз їх переваг та недоліків, обґрунтовано напрям удосконалення конструкції.

У **технологічному розділі** виконано аналіз технологічності деталі «Стійка» розроблено технологічний процес її виготовлення, обґрунтовано вибір способів обробки поверхонь, схем базування та маршруту виготовлення деталі.

У **конструкторському розділі** запропоновано удосконалену конструкцію стійки лапи-сошника комбінованого агрегату, виконано необхідні інженерні розрахунки на міцність і жорсткість, розроблено комплект конструкторської документації.

У **розділі економіки, зборони праці та навколишнього середовища** визначено економічну ефективність запропонованої конструкції, розроблено заходи щодо безпечної експлуатації агрегату та зменшення його впливу на навколишнє середовище.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

Практичні результати роботи – розроблено комплект конструкторської документації на удосконалену стійку лапи-сошника комбінованого агрегату, що забезпечує підвищення стабільності глибини загортання насіння та покращення якості виконання технологічного процесу.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати роботи можуть бути використані при модернізації існуючих комбінованих посівних агрегатів і під час проектування нових машин для передпосівного обробітку ґрунту та посіву зернових культур.

Сфера застосування результатів роботи – підприємства агропромислового комплексу та машинобудівні підприємства, що займаються виробництвом і модернізацією сільськогосподарської техніки.

Графічна частина роботи становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 93,7 %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції комбінованого агрегату для підготовки ґрунту та посіву зернових культур. Особливістю розробленої конструкції є удосконалення стійки лапи-сошника, що забезпечує підвищення жорсткості робочого органу, зменшення його деформацій під дією навантажень та покращення стабільності глибини загортання насіння.

КОМБІНОВАНИЙ АГРЕГАТ, ПІДГОТОВКА ҐРУНТУ, ЛАП-СОШНИК, СТІЙКА, ТЕХНОЛОГІЙНИЙ ПРОЦЕС, КОНСТРУКЦІЯ, МІЦНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of the design of a combined unit for soil preparation and sowing of grain crops. A feature of the developed design is the improvement of the stand of the coulter paw, which provides increased rigidity of the working body, reduced deformations under the action of loads and improved stability of the depth of seed embedding.

COMBINED UNIT, SOIL PREPARATION, COULTER PAW, STAND, TECHNOLOGICAL PROCESS, DESIGN, STRENGTH, ENERGY SAVING, ECONOMIC EFFICIENCY.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Стан та перспективи виробництва зернових культур	8
1.2 Аналіз існуючих комбінованих агрегатів	8
1.3 Обґрунтування напрямку розробки	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Аналіз технологічності деталі	16
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	19
2.3 Обробка поверхонь деталі	22
2.4 Розробка схем базування деталі	25
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	28
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	31
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	34
3.1 Будова та принцип роботи комбінованого агрегату	34
3.2 Конструкторські розрахунки	36
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	44
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	44
4.2 Охорона праці	47
4.3 Охорона навколишнього середовища	48
ВИСНОВКИ	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	52
ДОДАТКИ	55

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ				
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка конструкції комбінованого агрегату для підготовки ґрунту та посіву зернових культур	Лім.	Арк.	Аркушів	
Розробив		Зенов О.М.							
Перевірів		Зубко В.М.						51	
Н. Контр.		Зубко В.М.				ПДАУ, каф. МЕІ			
Керівник		Зубко В.М.							
Зав.кафедр		Попов С.В.							

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво потребує постійного удосконалення технологічних процесів і технічних засобів, спрямованих на підвищення продуктивності праці, зниження матеріальних витрат та забезпечення стабільного отримання високих урожаїв зернових культур. В умовах зростання вартості паливно-мастильних матеріалів, технічних ресурсів та необхідності раціонального використання земельних угідь особливої актуальності набуває впровадження енергозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур [7] .

Одним із найважливіших етапів технології вирощування зернових культур є передпосівний обробіток ґрунту та посів. Якість виконання цих операцій безпосередньо впливає на польову схожість насіння, рівномірність розвитку рослин, формування врожаю та економічну ефективність виробництва. Традиційні технології передбачають виконання кількох окремих операцій різними машинами, що супроводжується значними витратами часу, пального та трудових ресурсів, а також призводить до додаткового ущільнення ґрунту через багаторазові проходи агрегатів по полю.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності польових робіт є використання комбінованих агрегатів, які забезпечують одночасне виконання декількох технологічних операцій за один прохід. Такі машини дозволяють скоротити строки проведення польових робіт, зменшити витрати енергії та пального, підвищити продуктивність праці й покращити якість підготовки ґрунту та висіву насіння [4] .

Незважаючи на значну кількість існуючих конструкцій комбінованих агрегатів, багато з них характеризуються високою вартістю, складністю конструкції та значною металемністю. Тому актуальним завданням галузевого машинобудування є створення нових конструкцій комбінованих машин, які

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

забезпечують високу якість виконання технологічного процесу за одночасного зниження енергетичних і матеріальних витрат.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції комбінованого агрегату для підготовки ґрунту та посіву зернових культур. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз сучасних технологій підготовки ґрунту та посіву зернових культур;
- дослідити існуючі конструкції комбінованих агрегатів та визначити напрямки їх удосконалення;
- розробити конструктивну схему комбінованого агрегату;
- виконати інженерні розрахунки основних вузлів і деталей конструкції;
- оцінити техніко-економічну ефективність запропонованої розробки;
- розробити заходи з охорони праці та навколишнього середовища під час експлуатації агрегату.

Об'єктом дослідження є технологічний процес підготовки ґрунту та посіву зернових культур.

Предметом дослідження є конструкція комбінованого агрегату для виконання передпосівного обробітку ґрунту та висіву зернових культур.

Практичне значення роботи полягає у розробці конструкції комбінованого агрегату, використання якого дозволить скоротити кількість технологічних операцій, знизити витрати пального, підвищити продуктивність машинно-тракторного агрегату та забезпечити якісне виконання передпосівного обробітку ґрунту і посіву зернових культур.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Стан та перспективи виробництва зернових культур

Зернове господарство є однією з провідних галузей агропромислового комплексу України. Виробництво зерна забезпечує продовольчу безпеку держави, формує значну частину експортного потенціалу та є основою розвитку тваринництва. Найбільші площі посівів займають озима пшениця, ячмінь, кукурудза, жито та овес.

Ефективність вирощування зернових культур значною мірою залежить від своєчасного та якісного виконання технологічних операцій. Особливого значення набувають процеси передпосівного обробітку ґрунту та посіву, від яких залежать польова схожість насіння, рівномірність розміщення рослин, забезпечення їх вологою та поживними речовинами.

Сучасні умови господарювання характеризуються постійним зростанням цін на паливно-мастильні матеріали, мінеральні добрива та засоби захисту рослин. Тому одним із найважливіших напрямів розвитку сільськогосподарського машинобудування є створення енергозберігаючих машин та агрегатів, здатних виконувати декілька технологічних операцій за один прохід [13].

Впровадження комбінованих агрегатів дозволяє знизити витрати пального на 20–35 %, скоротити трудові витрати, зменшити ущільнення ґрунту та підвищити продуктивність праці [4].

1.2 Аналіз існуючих комбінованих агрегатів

Посів зернових, зернобобових, круп'яних і особливо дрібнонасінцевих кормових культур вимагає хорошого передпосівного обробітку ґрунту з високою якістю кришення без брил і гребенів і вирівнюванням поверхні поля. Це

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

пояснюється необхідністю рівномірного загортання насіння строго на глибину 1-6 см за прийнятими умовами обробітку культури, а також збереження запасів осінньо-зимово-весняної вологи та забезпечення умов появи вторинних коренів та кушіння (замість одного стебла – кілька). Їх дотримання при глибистій поверхні поля просто немислимо.

Однак при використанні для цих цілей західних зразків, що пропaгуються сьогодні, посівні агрегати Horsch і Solitair поле виходить великоглибистим навіть після посіву по відвальному зябку. На ранніх посівах ячменю за підвищеної вологості ґрунту їх робочі органи забираються [4, 10,16].

Основні недоліки закордонних агрегатів – непристосованість робочих органів до наших ґрунтових умов і потреба надпотужних тракторів понад 290кВт, що ніяк не відповідає вимогам енергозбереження, а, навпаки, призводить до невиправданих надвитрат, що б'ють по економіці країни. Тому рекомендувати такі агрегати до застосування в наших умовах не раціонально.

Розглянемо деякі комбіновані агрегати для передпосівного обробітку ґрунту та посіву [4, 16].

Агрегати серії АПП-6 та АПП-8. Посівні комплекси АПП призначені для одночасного виконання передпосівного обробітку ґрунту, внесення добрив та посіву зернових культур. Конструкція включає дискові або лапкові робочі органи, пневматичну систему транспортування насіння та сошникову групу.

Переваги висока продуктивність, універсальність, точне дозування насіння, можливість одночасного внесення добрив. Недоліками є значна маса, потреба у тракторах потужністю понад 180–250 к.с.

Комбінований агрегат АКП-5,5. Агрегат призначений для передпосівного обробітку ґрунту з одночасним вирівнюванням поверхні поля та ущільненням верхнього шару.

До складу входять стрічасті лапи, вирівнювальні планки, котки.

Переваги: простота конструкції, висока надійність, невелика вартість. Недоліком є необхідність окремого проходу посівної машини.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Комбінований ґрунтообробний агрегат АГ-6 «Лозівські машини». Призначений для передпосівного обробітку ґрунту та подрібнення рослинних решток.

Складається з дискових бідарей, вирівнювальних пристроїв, прикочувальних котків.

Перевагами є якісне подрібнення поживних решток, висока продуктивність, можливість роботи за мінімальних технологій обробітку.

Агрегати серії «Європак» виробництва ПАТ «Галещина, Машзавод». Забезпечують розпушування ґрунту, вирівнювання поверхні, ущільнення посівного ложа. Використовуються переважно під зернові культури та технічні культури.

Посівний комплекс «Тазріх» виробництва ПАТ «Ельворті». Є одним із найбільш поширених вітчизняних посівних комплексів.

Особливості: пневматичний висів, одночасне внесення мінеральних добрив, висока точність висіву, ширина захвату від 3,6 до 6 м.

Базальний висновок щодо існуючих вітчизняних агрегатів

Посівний комплекс ALCOR 7.5 (Ельворті)

Посівний комплекс ALCOR 7.5 призначений для суцільного висіву зернових, зернобобових та дрібнонасінєвих культур за традиційною та мінімальною технологіями обробітку ґрунту. До складу входять культиваторні робочі органи, висівна система та прикочувальні котки.

Зернова сівалка ALFA-6 Mini-Till (Ельворті). Дана машина використовується для висіву зернових культур за технологією Mini-Till та може бути основою для розробки комбінованого агрегату, який поєднує передпосівний обробіток ґрунту і посів.

До найбільш відомих належать Horsch Pronto, Amazone Cirrus, Vaderstad Rapid, Great Plains, Lemken Compact-Solitair.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд комбінованого посівного комплексу для одночасного передпосівного обробітку ґрунту та висіву зернових культур

Комбіновані агрегати поєднують у собі функції ґрунтообробної машини та сіялки. Вони забезпечують виконання таких операцій: розпушення ґрунту, вирівнювання поверхні поля, передпосівне ущільнення, висів насіння, загортання насіння; прикочування посівів.

Застосування комбінованих агрегатів дозволяє зменшити кількість проходів техніки по полі з 3–5 до одного, що сприяє зменшенню ущільнення ґрунту та економії палива.

Конструктивно такі машини поєднують робочі органи для розпушування ґрунту, вирівнювальні пристрої, ущільнювальні котки, посівні секції.

Перевагами таких комплексів є висока продуктивність, скорочення кількості проходів, економія пального, зменшення ущільнення ґрунту. До недоліків відноситься висока вартість, складність конструкції, значна металоємність, потреба у потужних тракторах [10].

Так як модель комбінованого агрегату ПК-9,7 є базовою в дослідженнях розглянемо його [16].

Посівний комплекс має 4 модифікації за шириною захвату: ПК-6,1; ПК-8,5; ПК-9,7; ПК-12,2 і є сіялкою-культиватором, призначеною для роботи, як на полях, зораних звичайним шляхом, так і для сіяння без попередньої підготовки ґрунту.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Рисунок 1.2 – Посівний комплекс ПК-9,7

Посівний комплекс ПК-9,7 призначений для виконання за один прохід кількох технологічних операцій: передпосівного обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив, висіву насіння та прикочування посівів. Комплекс працює за ресурсозберігаючою технологією та дозволяє значно скоротити кількість проходів техніки по полю.

Пневмосистема висіву насіння посівного комплексу забезпечує рівномірний розподіл насіння смугою із шириною 15-18 см. Технологія стрічкового посіву дозволяє кожному паростку забезпечити 3-4 кратне збільшення площі живлення щодо традиційної технології. Конструктивно передбачено сію пшениці, ячменю, бобових, кукурудзи, соняшнику, ріпаку та кормових культур із щільністю сівби на гектар та глибиною загортання насіння, яке встановлюється з урахуванням місцевих умов при одночасному внесенні до ґрунту добрив. Особливих вимог до ґрунтів та кліматичний зон не представляється.

Культивація, посів, внесення добрив виконуються сошниками комплексу – двосторонніми стрічастими лапами, боронування виконує трирядна пружинна борона, а прикочує і вирівнює ґрунт система, що прикочує, що складається з пневматичних котків або металевих спіральних шліф-ковзанок. Протруювання посівного матеріалу здійснюється за допомогою устаткування для протруювання насіння ПС-250 [4,16].

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Культиваторна частина комплексу складається з рами, на якій змонтовані всі робочі органи; лап-сошників стрілкового типу, розташованих у кілька рядів; стійок лап, що забезпечують копіювання рельєфу поля, системи подачі насіння і добрив від пневматичного бункера; прикочувальних котків, які ущільнюють ґрунт після висіву; пневматичної системи, що транспортує насіння і добрива до сошників, опорно-транспортних коліс для регулювання глибини обробки, лап-сошник.

Головним робочим органом культиватора є лапа-сошник. Вона виконує одночасно три функції: розпушує ґрунт, формує насіннєве ложе, забезпечує внесення насіння і добрив на задану глибину.

Конструкція лапи включає стрілкову лапу, насіннєпровід та тукопровід. Добрива зазвичай укладаються глибше насіння на 2–4 см, що створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин.

Принцип роботи при передпосівному обробітку ґрунту. Під час руху агрегату по полю лапи сошники заглиблюються на задану глибину (6–12 см) та виконують: підрізання бур'янів, розпушування верхнього шару ґрунту, руйнування ґрунтової кірки, вирівнювання поверхні поля, створення дрібногрудочкової структури поверхнього шару.

Завдяки багатрядному розташуванню лап ґрунт інтенсивно перемішується та вирівнюється, утворюючи якісне насіннєве ложе. Одночасно з обробітком зберігається волога, оскільки виключаються додаткові проходи техніки.

Принцип внесення мінеральних добрив. Мінеральні добрива завантажуються в окремий відсік бункера. Під час роботи дозувальний апарат подає добрива у пневмосистему. Поток повітря добрива транспортуються до тукопроводів. Через лапу-сошник добрива укладаються в ґрунт на глибину 8–12 см. Насіння розміщується вище шару добрив на 2–4 см. Таке локальне внесення забезпечує підвищення коефіцієнта використання поживних речовин; зменшення втрат добрив; покращення розвитку кореневої системи; підвищення врожайності культур [16].

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Отже, не дивлячись на переваги комбінованого агрегату ПК-9,7 є й недоліки, а саме у процесі експлуатації посівного комплексу встановлено, що традиційна конструкція лапи-сошника не завжди забезпечує стабільне дотримання глибини загортання насіння, особливо на полях із нерівномірною щільністю ґрунту, наявністю рослинних решток та змінним рельєфом поверхні.

1.3 Обґрунтування напрямку розробки

Комбінований агрегат ПК-9,7 призначений для виконання передпосівного обробітку ґрунту, внесення мінеральних добрив та висіву зернових культур за один прохід агрегату. Одним із основних робочих органів комплексу є лапа-сошник, яка забезпечує розпушування ґрунту, формування посівного ложа, внесення насіння та добрив на задану глибину. Саме від конструкції лапи-сошника значною мірою залежить якість виконання технологічного процесу та рівномірність розміщення насіння у ґрунті.

У процесі експлуатації посівного комплексу встановлено, що традиційна конструкція лапи-сошника не завжди забезпечує стабільне дотримання глибини загортання насіння, особливо на полях із нерівномірною щільністю ґрунту, наявністю рослинних решток та змінним рельєфом поверхні. При роботі на підвищених швидкостях виникають додаткові динамічні навантаження, які спричиняють коливання сошника, погіршують копіювання поверхні поля та призводять до нерівномірного формування посівного ложа. Наслідком цього є нерівномірне загортання насіння за глибиною, що негативно впливає на якість схожості та подальший розвиток рослин.

Аналіз конструкції показав, що одним із найбільш навантажених елементів сошникового вузла є стійка лапи-сошника. На неї діють значні тягові, згинальні та ударні навантаження, які виникають під час взаємодії робочого органу з ґрунтом. Недостатня жорсткість стійки спричиняє її кружні деформації, що

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

призводять до відхилення лапи від заданого положення та зміни фактичної глибини ходу сошника.

З метою усунення зазначених недоліків у кваліфікаційній роботі пропонується удосконалення конструкції стійки лапи-сошника. Модернізація передбачає підвищення жорсткості та міцності стійки шляхом зміни її конструктивних параметрів. Запропоноване рішення дозволяє зменшити пружні деформації робочого органу під навантаженням, підвищити стійкість руху сошника в ґрунті та забезпечити більш стабільне положення лапи відносно поверхні поля.

Очікуваними результатами удосконалення є:

- підвищення стабільності глибини ходу лапи-сошника;
- покращення якості формування посівного ложа;
- зменшення коливань робочого органу під час руху агрегату;
- підвищення рівномірності загортання насіння по ширині захвату агрегату;
- зниження ймовірності перевантаження та передчасного руйнування елементів сошникового вузла;
- підвищення польової схожості та врожайності сільськогосподарських культур.

Таким чином, удосконалення стійки лапи-сошника комбінованого агрегату є технічно обґрунтованим та спрямованим на підвищення ефективності роботи агрегату шляхом покращення умов формування посівного ложа і забезпечення рівномірного розміщення насіння на заданій глибині.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Деталь «Стійка» належить до деталей несучого типу і працює у складі комбінованого агрегату для підготовки ґрунту та посіву зернових культур. Деталь призначена для з'єднання робочих органів агрегату з несучою рамою та передачі навантажень, що виникають під час роботи машини. У процесі експлуатації стійка сприймає статичні та динамічні навантаження, а також знакозмінні згинальні моменти, які виникають під час взаємодії робочих органів із ґрунтом.

Матеріалом деталі є сталь Ст6 згідно з ДСТУ 2651:2005 [19]. Дана марка сталі характеризується достатньо високою міцністю, пластичністю та доброю технологічністю при механічній обробці й гнутті. Межа міцності сталі становить $\sigma_b = 540 \dots 650$ МПа, межа текучості $\sigma_t \geq 300$ МПа, відносне подовження $\delta = 15 \dots 20$ %. Матеріал добре піддається свердлінню, різьбонарізанню та гарячому і холодному гнуттю [18].

Рисунок 2.1 – Схема стійки

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Конструктивно деталь являє собою гнучий стрижень прямокутного перерізу 40×26 мм із радіусом вигину R320 мм. На одному кінці виконано наскрізний отвір Ø18 мм, а на іншому розташовані два різьбові отвори M10. Загальна довжина деталі становить 660 мм. Маса стійки за кресленням дорівнює 1,2 кг.

Форма деталі є відносно простою та не містить складних поверхонь, що потребують високоточного обладнання. Основними технологічними операціями є відрізання заготовки із сортового прокату, гнуття, свердління та нарізання різьби. Відсутність складних фасонних поверхонь позитивно впливає на технологічність конструкції та сприяє зменшенню трудомісткості виготовлення.

Для оцінки технологічності конструкції визначимо коефіцієнт уніфікації [6] :

$$K_y = \frac{Q_y}{Q}, \quad (2.1)$$

де Q_y – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

Q – загальна кількість конструктивних елементів.

До конструктивних елементів деталі належать прямолінійні ділянки, поверхні гнуття, отвір Ø18 мм та різьбові отвори M10.

Приймаємо: $Q = 11$; $Q_y = 10$.

Тоді
$$K_y = \frac{10}{11} = 0,91$$

Отримане значення перевищує нормативне значення 0,6, що свідчить про високий рівень технологічності конструкції.

Коефіцієнт точності визначається за залежністю:

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{\text{сер}}}, \quad (2.2)$$

де $A_{\text{сер}}$ – середній квалітет точності поверхонь.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Оскільки більшість поверхонь мають 14-й квалітет точності, $A_{\text{сер}} = 14$.

Тоді $K_T = 1 - \frac{1}{14} = 0,93$

Отримане значення також перевищує нормативне значення 0,8.

Отже, конструкція стійки є технологічною та придатною для виготовлення в умовах серійного виробництва із застосуванням універсального обладнання.

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь стійки

№	Поверхня	Квалітет	R_a , мкм	Кількість	Призначення
1	Отвір Ø18	H14	12,5	1	Шарнірне з'єднання
2	Різьбові отвори M10	14	6,3	2	Кріплення елементів
3	Зовнішні поверхні стрижня	14	12,5	4	Робочі поверхні
4	Радіусна поверхня R320	14	12,5	1	Формоутворююча поверхня
5	Торцеві поверхні	14	12,5	2	Базові поверхні

Таблиця 2.2 – Показники технологічності деталі

Показник	Значення	Норматив
Коефіцієнт уніфікації K_y	0,91	$\geq 0,60$
Коефіцієнт точності K_t	0,93	$\geq 0,80$
Середній квалітет	14	—
Довжина деталі, мм	660	—
Маса деталі, кг	1,2	—
Матеріал	Ст6	—
Висновок	Деталь технологічна	—

Аналіз конструкції показав, що стійка має просту геометричну форму, виготовляється із стандартного сортового прокату та не потребує застосування спеціалізованого високоточного обладнання. Отримані значення коефіцієнтів технологічності підтверджують доцільність прийнятого конструктивного рішення та можливість виготовлення деталі з мінімальними виробничими витратами.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення стійки побудований з урахуванням конструктивних особливостей деталі, марки матеріалу та умов серійного виробництва сільськогосподарської техніки. Як вигідну заготовку використовують гарячекітаний прямокутний прокат перерізом 40×26 мм зі сталі Ст6. Застосування стандартного прокату дозволяє суттєво знизити матеріальні витрати та скоротити кількість технологічних операцій.

Технологічний процес починається із заготівельної операції, під час якої прокат розрізається на заготовки необхідної довжини. Довжина заготовки визначається за геометричними параметрами готової деталі з урахуванням довжини дуги вигину та припусків на обробку торців.

Після отримання заготовки виконується її розмічання. На поверхні наносять осі майбутнього отвору Ø18 мм, центри різьбових отворів М10 та межі ділянки гнуття. Розмічання здійснюється за допомогою шаблонів або універсального розмічального інструменту.

Наступною операцією є свердління наскрізного отвору Ø18 мм. Отвір виконується на вертикально-свердильному верстаті. Враховуючи відсутність високіх вимог до точності, отвір формується за один перехід стандартним спіральним свердлом із швидкорізальної сталі.

Після цього виконують свердління двох отворів Ø8,5 мм під подальше нарізання різьби М10. Для забезпечення точності взаємного розташування отворів використовується кондуктор або спеціальний шаблон.

Після свердління проводиться різьбонарізна операція. Різьбу М10 нарізають комплектом мітчиків вручну або механізованим способом. Застосування мастильно-охолоджувальної рідини забезпечує підвищення якості різьби та збільшення стійкості інструмента.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Основною формоутворюючою операцією є гнуття заготовки по радіусу R320 мм. Операція виконується на гідравлічному пресі або профілезгинальному обладнанні. Для запобігання утворенню тріщин і залишкових деформацій радіус вигину прийнято достатньо великим відносно поперечного перерізу заготовки.

Після гнуття здійснюється контроль геометричних параметрів деталі. Особливу увагу приділяють радіусу вигину, розташуванню отворів та відповідності загальних розмірів кресленню.

Завершальною операцією є зачищення поверхонь та видалення задирок. Після контролю деталі передається на склад готової продукції або на подальше складання.

Аналіз діючого технологічного процесу показує, що його основною перевагою є використання стандартного обладнання та універсального оснащення. Разом з тим існує можливість підвищення продуктивності шляхом застосування спеціальних пристроїв для свердління та гнуття.

Для оцінки ефективності технологічного процесу визначимо коефіцієнт використання матеріалу [6].

$$K_m = \frac{m_d}{m_z}, \quad (2.4)$$

де m_d – маса готової деталі; m_z – маса заготовки.

Маса готової деталі: $m_d = 1,2$ кг

Масу заготовки приймаємо: $m_z = 1,35$ кг

Тоді

$$K_m = \frac{1,2}{1,35} = 0,89.$$

Отримане значення свідчить про достатньо раціональне використання металу.

Для оцінки рівня механізації визначимо коефіцієнт механізації процесу

$$K_{мех} = \frac{n_m}{n}, \quad (2.5)$$

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

де n_m – кількість механізованих операцій;

n – загальна кількість операцій.

Приймаємо $n_m = 5$

Тоді $K_{\text{мех}} = \frac{5}{7} = 0,71$.

Це свідчить про достатній рівень механізації виробництва.

Таблиця 2.3 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення стійки

Оп.	Назва операції	Обладнання	Кількість установок	Примітка
005	Відрізання заготовки	Стрічопильний верстат	1	Заготовка 40×26
010	Розмічання	Розмічальна плита	1	Кернування центрів
015	Свердління Ø18	Верстат 2A125	1	Нескрізний отвір
020	Свердління 2×Ø8,5	Верстат 2A125	1	Під різьбу M10
025	Нарізування різьби M10	Свердильний верстат	1	Два отвори
030	Гнуття R320	Гідравлічний прес	1	Формування профілю
035	Контроль та зачистка	Верстак контролера	1	Готова деталь

Таблиця 2.4 – Недоліки діючого технологічного процесу та заходи щодо їх усунення

Недолік процесу	Причина виникнення	Заходи щодо усунення
Нестабільність радіуса вигину	Похибки налаштування преса	Використання шаблонів контролю
Відхилення розташування отворів	Ручне розмічання	Застосування кондуктора
Підвищена трудомісткість свердління	Окреме базування	Використання спеціального пристрою
Задирки після свердління	Зношення інструмента	Періодична заміна свердел
Низька продуктивність різьбонарізання	Ручна обробка	Механізоване нарізання різьби

Діючий технологічний процес забезпечує отримання деталі необхідної якості та точності. Водночас застосування спеціалізованого оснащення для

свердління та гнуття дозволить підвищити продуктивність праці, знизити трудомісткість виготовлення та покращити стабільність геометричних параметрів стійки.

2.3 Обробка поверхонь деталі

Стійка належить до класу деталей типу «гнуті стрижні», які виготовляються із сортового прокату та характеризуються відносно невеликою кількістю механічно оброблюваних поверхонь. Основними поверхнями, що підлягають механічній обробці, є отвір Ø18 мм, два різьбові отвори М10 та торцеві поверхні заготовки після відрізання. Інші поверхні формуються в процесі прокатування та гнуття і не потребують додаткової обробки різанням [6].

Першою операцією є відрізання заготовки від пруткового матеріалу. Для цього використовується стрічкопилний верстат. Якість поверхні після різання відповідає шорсткості $Ra\ 12,5\text{--}25\ \mu\text{м}$, що є достатнім для даної деталі. Після різання проводиться зачищення задрок та притуплення гострих кромки.

Наступною операцією є свердління наскрізного отвору Ø18 мм. Обробка виконується спіральним свердлом із швидкорізальної сталі Р6М5 на вертикально-свердильному верстаті 2А125.

Швидкість різання визначається за довідковими рекомендаціями для конструкційних сталей середньої міцності та приймається

$$V = 25\text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D}, \quad (2.6)$$

де V – швидкість різання, м/хв;

D – діаметр свердла, мм.

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Підставляючи значення, одержимо:

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 18} = 442 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n=450$ об/хв.

Подача при свердлінні: $S=0,25$ мм/об.

Після цього виконують свердління двох отворів Ø8,5 мм під різьбу M10.

Для даного випадку приймаємо: $V = 30$ м/хв.

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 8,5} = 1123 \text{ об/хв.}$$

За паспортom верстата приймаємо:

$$n = 1120 \text{ об/хв}$$

Подача $S = 0,18$ мм/об.

Після свердління виконується нарізання внутрішньої метричної різьби M10. Для отримання якісної різьби застосовується комплект із чорнового, проміжного та чистового мітчиків.

Швидкість різання під час нарізання різьби становить: $V = 8$ м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 10} = 225 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо: $n=250$ об/хв.

Після завершення механічної обробки проводиться контроль розмірів отворів і різьби. Отвір Ø18 контролюють штангенциркулем або калібром, а різьбу M10 перевіряють калібром-пробкою.

Важливою технологічною операцією є гнуття заготовки по радіусу R320 мм. Внаслідок значного радіуса вигину пластична деформація матеріалу

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

відбувається без утворення тріщин та надмірних внутрішніх напружень. Для сталі Ст6 співвідношення між радіусом вигину та товщиною перерізу є достатнім для забезпечення надійності процесу.

Після виконання всіх операцій здійснюється зачистка поверхонь шліфувальним кругом або напилком. У результаті видаляються задирки та гострі кромки, які можуть погіршувати умови складання та експлуатації виробу.

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь стійки

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	Кількість переходів	Метод обробки
1	Горці заготовки	14	12,5	1	Відрізання на стрічковальному верстаті
2	Отвір Ø18	Н14	12,5	1	Свердління
3	Отвори Ø8,5	14	12,5	2	Свердління
4	Різьба М10	6Н	6,3	1	Нарізання мітчиком
5	Зовнішні поверхні стрижня	14	12,5	0	Поверхня прокату
6	Радіусна поверхня R320	14	12,5	1	Гнуття
7	Кромки деталі	14	12,5	1	Зачистка

Таблиця 2.6 – Режими різання при механічній обробці стійки

Вид обробки	Інструмент	V, м/хв	S, мм/об	n, об/хв	ЗОР
Свердління Ø18	Свердло Р6М5 Ø18	25	0,25	450	Емульсія
Свердління Ø8,5	Свердло Р6М5 Ø8,5	30	0,13	1120	Емульсія
Нарізання різьби М10	Комплект мітчиків М10	8	P=1,5	250	Емульсія
Гнуття R320	Гибочний пристрій	–	–	–	Без ЗОР
Зачистка кромки	Шліфувальний круг	20-25	–	1500	Без ЗОР

Аналіз способів обробки поверхонь показав, що виготовлення стійки не потребує застосування складних або високоточних технологічних операцій.

Основними операціями механічної обробки є свердління отворів та нарізання різьби. Розраховані режими різання забезпечують необхідну якість поверхонь, точність обробки та раціональне використання обладнання й інструменту. Значна частина поверхонь формується безпосередньо в процесі виготовлення заготовки та гнуття, що сприяє зниженню трудомісткості виробництва.

2.4 Розробка схем базування деталі

Правильний вибір технологічних баз є однією з основних умов забезпечення необхідної точності виготовлення деталі. Раціональна схема базування повинна забезпечувати стаке положення заготовки під час соробки, мінімізувати похибки встановлення та створювати умови для отримання заданих розмірів із найменшими витратами часу [6].

Стійка належить до деталей типу гнутих стрижнів, тому на різних операціях використовуються різні базові поверхні. Основними базами є зовнішні площини прямокутного перерізу, торцеві поверхні заготовки та отвір $\varnothing 18$ мм.

На заготівельній операції заготовка базується по нижній площині прокату на опорну поверхню верстата та по торцю на упор. Така схема забезпечує отримання необхідної довжини заготовки після відрізання.

Під час свердління отвору $\varnothing 18$ мм заготовка встановлюється в призматичний пристрій. Настановною базою є нижня площина заготовки, прямоною базою служить бічна поверхня прямокутного перерізу, а опорною базою виступає торець деталі.

При свердлінні отворів під різьбу M10 використовується аналогічна схема базування. Це дозволяє забезпечити необхідну точність взаємного розташування отворів відносно осі деталі.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На операції нарізання різьби базування не змінюється, оскільки різьба повинна бути співвісною з попередньо просвердленими отворами.

Особливе значення має базування під час операції гнуття. Для забезпечення стабільності геометричних параметрів деталей встановлюють у гнучкий пристрій по прямолінійній ділянці заготовки. При цьому базою служать дві взаємно перпендикулярні поверхні прокату, а положення зони гнуття визначається спеціальним упором.

При контролі готової деталі базування здійснюється по отвору Ø18 мм та прямолінійній ділянці стійки. Саме ці поверхні є основними конструкторськими базами під час складання агрегату.

Для оцінки точності базування визначимо похибку встановлення при свердлінні отвору Ø18 мм.

$$\varepsilon_6 = \frac{\Delta}{2}, \quad (2.7)$$

де Δ – зазор між базовими поверхнями пристрою та заготовкою.

Приймаємо $\Delta = 0,2$ мм

Тоді
$$\varepsilon_6 = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ мм}$$

Отримана величина значно менша за допуск на розташування отвору, тому прийнята схема базування є достатньо точною.

Для оцінки сумарної похибки встановлення використаємо залежність

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.8)$$

де ε_6 – похибка базування; ε_3 – похибка закріплення.

Приймаємо $\varepsilon_6 = 0,1$ мм; $\varepsilon_3 = 0,08$ мм

Тоді
$$\varepsilon = \sqrt{0,1^2 + 0,08^2} = 0,128 \text{ мм}$$

Отримане значення не перевищує допустимих величин для даної деталі.

Таблиця 2.7 – Схеми базування стійки за операціями

Операція	Настановна база (3 ступені)	Напрямна база (2 ступені)	Опорна база (1 ступінь)
----------	--------------------------------	------------------------------	----------------------------

Відрізання заготовки	Нижня площина прокагу	Бічна поверхня	Торцевий упор
Свердління Ø18	Нижня площина	Бічна поверхня	Торець
Свердління Ø8,5	Нижня площина	Бічна поверхня	Торець
Нарізання М10	Нижня площина	Бічна поверхня	Торець
Гнуття R320	Нижня площина	Бічна поверхня	Упор пристрою
Контроль	Отвір Ø18	Пряма ділячка стійки	Торець

Таблиця 2.8 – Аналіз похибок базування

Операція	Причина похибки	Величина похибки, мм	Допустиме значення, мм
Відрізання заготовки	Неголивість упора	0,20	±0,50
Свердління Ø18	Зазор у пристрої	0,10	±0,20
Свердління Ø8,5	Похибка встановлення	0,10	±0,25
Нарізання М10	Неспіввісність мітчика	0,08	±0,20
Гнуття R320	Похибка позиціонування	0,15	±0,50
Контроль	Похибка вимірювання	0,05	±0,10

Розроблені схеми базування забезпечують надійне встановлення деталі на всіх етапах технологічного процесу. Основними технологічними базами прийнято зовнішні площини прямокутного перерізу та торцеві поверхні заготовки. Розрахунок показав, що похибки базування не перевищують допустимих значень і не впливають на точність виготовлення стійки. Використання єдиних технологічних баз під час свердління та нарізання різьби сприяє підвищенню точності взаємного розташування поверхонь і зменшенню трудомісткості виробництва.

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Маршрутний технологічний процес виготовлення стійки розроблено з урахуванням конструкції деталі, вимог креслення, характеристик матеріалу та умов серійного виробництва. При побудові маршруту дотримано принципу послідовного формування геометричних параметрів деталі від простих операцій до більш складних. Спочатку виконуються заготівельні операції, далі механічна обробка отворів, після чого здійснюється формутворення деталі гнуттям та остаточний контроль.

Застосування прямокутного прокату як вихідної заготовки дозволяє скоротити кількість технологічних переходів та знизити витрати матеріалу. Механічна обробка виконується до операції гнуття, оскільки в цьому випадку забезпечується більш зручне базування та вища точність розташування отворів.

На першій операції відбувається відрізання заготовки необхідної довжини. Після цього виконуються розмічальні роботи, які забезпечують правильне розташування отворів і зони гнуття. Далі проводиться свердління отвору Ø18 мм та двох отворів Ø8,5 мм під різьбу M10. Після свердління виконується нарізання різьби, а потім здійснюється операція гнуття по радіусу R320 мм.

Завершальними етапами технологічного процесу є зачистка поверхонь, контроль геометричних параметрів та здача готової деталі на склад.

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення стійки

Оп.	Уст.	Зміст операції	Обладнання	Оснащення	Інструмент
005	A	Відрізати заготовку із прокату 40×26 мм	Стрічкопильний верстат	Упор	Стрічкова пила
010	A	Розмітити отвори та лінію гнуття	Розмічальна плита	Лінійка, кутник	Кернер
015	A	Просвердлити отвір Ø18 мм	Верстат 2A125	Призма	Свердло Ø18
020	A	Просвердлити 2 отвори Ø8,5 мм	Верстат 2A125	Кондуктор	Свердло Ø8,5
025	A	Нарізати різьбу M10	Верстат 2A125	Кондуктор	Комплект мітчиків M10

030	A	Виконати вигнуття по R320	Гідравлічний прес	Гибочний пристрій	Оправка R320
035	A	Зачистити поверхні та кромки	Верстак	Лещата	Напилок
040	A	Контроль розмірів	Контрольна плита	Калібри	Штангенциркуль
045		Здача на склад	—	—	—

Маршрутна карта показує, що технологічний процес складається із дев'яти основних операцій, більшість із яких виконуються на універсальному обладнанні.

Для оцінки трудомісткості визначимо сумарний штучний час

$$T_{\text{шт}} = \sum t_i, \quad (2.9)$$

де t_i – штучний час окремої операції.

Приймаємо:

$$T_{\text{шт}} = 2,8 + 3,0 + 2,5 + 2,0 + 2,4 + 5,5 + 1,2 + 1,0 = 20,4 \text{ хв}$$

Отримане значення відповідає умовам серійного виробництва.

Таблиця 2.10 – Технологічне оснащення для виготовлення стійки

№	Оснащення	Призначення	Операція
1	Упор стрічкопильного верстата	Встановлення довжини заготовки	005
2	Розмічальний шаблон	Розмічання центрів отворів	010
3	Призма	Базування при свердлінні Ø18	015
4	Кондуктор	Базування при свердлінні Ø8,5	020
5	Комплект мітчиків М10	Нарізання різьби	025
6	Гибочний пристрій	Формування радіуса R320	030
7	Калібр пробка М10	Контроль різьби	040
8	Шаблон R320	Контроль радіуса вигину	040

Операційна карта

Операція 020–025. Свердлильно-різбонарізна

Деталь: Стійка

Матеріал: Ст6

Обладнання: Вертикально-свердлильний верстат 2А125

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

№ переходу	Зміст переходу	Базування	Інструмент	Режим
1	Установити деталь	Площина А, Б, торець В	—	—
2	Просвердлити отвір Ø18	А, Б, В	Свердло Ø18	n=450 об/хв
3	Просвердлити 2 отвори Ø3,5	А, Б, Р	Свердло Ø3,5	n=1120 об/хв
4	Нарізати різьбу М10	А, Б, В	Мітчики М10	n=250 об/хв
5	Контроль розмірів	—	Штангенциркуль	—

Операційна карта

Операція 030. Гнуття

Деталь: Стійка

Матеріал: Ст3

Обладнання: Гідравлічний прес П6324

№ переходу	Зміст переходу	Оснащення	Примітка
1	Установити заготовку	Гибочний пристрій	—
2	Виконати гнуття R320	Оправка R320	За один прохід
3	Контроль радіуса	Шаблон R320	Допуск ±2 мм
4	Зняти деталь	—	Передати на контроль

Розроблений маршрут виготовлення забезпечує раціональну послідовність операцій та дозволяє отримати деталь необхідної точності при мінімальних виробничих витратах. Використання універсального обладнання та простого технологічного оснащення сприяє зниженню собівартості виготовлення стійки і підвищенню ефективності виробництва.

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Визначення припусків на механічну обробку є важливим етапом розроблення технологічного процесу. Правильно призначені припуски забезпечують отримання необхідної точності та якості поверхонь при

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

мінімальних витратах матеріалу і часу. Для деталі «Стійка» основними поверхнями, що підлягають обробці, є отвір Ø18 мм, два різьбові отвори М10 та торцеві поверхні заготовки після відрізання [20].

Оскільки заготовка виготовляється з гарячекатаного прямокутного прокату 40×26 мм, більшість зовнішніх поверхонь не потребують механічної обробки. Основні припуски призначаються для свердління отворів і відрізання заготовки.

Першим етапом є визначення довжини заготовки для операції гнуття. Довжина нейтрального шару в зоні вигину визначається за формулою:

$$L_d = \frac{\rho \alpha}{180}, \quad (2.10)$$

де ρ – радіус нейтрального шару; α – кут вигину.

Радіус нейтрального шару:

$$\rho = R + \frac{h}{2}, \quad (2.11)$$

де $R = 320$ мм – внутрішній радіус вигину; $h = 26$ мм – товщина перерізу.

Тоді

$$\rho = 320 + \frac{26}{2} = 333 \text{ мм}$$

Приймаємо кут вигину $\alpha = 35^\circ$.

Тоді довжина дуги нейтрального шару:

$$L_d = \frac{3,14 \cdot 333 \cdot 35}{180} = 203,4 \text{ мм}$$

Загальна довжина заготовки визначається як сума прямих ділянок і довжини дуги:

$$L_s = 220 + 220 + 203,4 = 643,4 \text{ мм}$$

З урахуванням припуску на відрізання $\Delta = 4$ мм

$$L_s = 647 \text{ мм}$$

Приймаємо довжину заготовки $L_s = 650$ мм.

Для отримання різьби М10 попередньо свердлять отвір діаметром

$$D = D - P, \quad (2.12)$$

де D – номінальний діаметр різьби; P – крок різьби.

Для різьби М10×1,5

$$d = 10 - 1,5 = 8,5 \text{ мм}$$

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Отже, отвір Ø8,5 мм є правильним розміром під нарізання різьби M10.

При свердлінні отвору Ø18 мм заготовка є судільною, тому припуск на обробку дорівнює діаметру майбутнього отвору: $Z=18$ мм

Для різьбових отворів: $Z=8,5$ мм

Розрахунок припуску на торцювання після різання прокату виконується за формулою:

$$Z_T = 1,5 + 1,5 = 3,0 \text{ мм}$$

Приймаємо загальний припуск: $Z_T = 4$ мм.

Для перевірки коефіцієнта використання матеріалу визначимо об'єм заготовки

$$V = 40 \cdot 26 \cdot 650 = 676000 \text{ мм}^3$$

Маса заготовки: $m = V \cdot 10^{-9} \cdot 7850$,

$$m = 676000 \cdot 10^{-9} \cdot 7850 = 5,31 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = \frac{1,2}{5,31} = 0,23$$

Низьке значення коефіцієнта пояснюється значною довжиною та криволінійною формою деталі

Таблиця 2.12 – Операційні розміри деталі

Поверхня	Розмір за кресленням, мм	Операційний розмір, мм	Допуск
Загальна довжина	660	660	$\pm 1,0$
Отвір	Ø18	Ø18	H14
Отвори під різьбу	Ø8,5	Ø8,5	$\pm 0,15$
Різьба	M10	M10	6H
Радіус вигину	R320	R320	± 2
Переріз	40×26	40×26	За прокатом

Таблиця 2.13 – Припуски на механічну обробку

Поверхня	Вид обробки	Припуск, мм	Кількість переходів
Торці заготовки	Відрізання	4,0	1
Отвір Ø18	Свердління	18,0	1
Отвір під M10	Свердління	8,5	1
Різьба M10	Нарізання	1,5	1

Радіус R320	Гнуття	Не призначається	1
Зовнішні поверхні	Не обробляються	0	—

Виконані розрахунки показали, що для виготовлення стійки доцільно використовувати заготовку із гарячекатаного прокату перерізом 40×26 мм довжиною 650 мм. Визначені припуски забезпечують отримання необхідних геометричних параметрів деталі та виконання вимог креслення. Визначені операційні розміри відповідають технологічним можливостям застосованого обладнання і гарантують отримання як сної готової деталі.

Висновок. Проведений аналіз конструкції показав, що деталь має достатньо високий рівень технологічності, характеризується простою геометричною формою, виготовляється із стандартного сортового прокату та не потребує застосування складного спеціалізованого обладнання.

Розроблений технологічний процес забезпечує виготовлення деталі «Стійка» необхідної якості, точності та надійності при мінімальних виробничих витратах і може бути рекомендований для використання в умовах серійного виробництва комбінованих агрегатів для підготовки ґрунту та посіву зернових культур.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Конструкція модернізованого посівного комплексу

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Модернізований посівний комплекс ПК-9,7 є модульною конструкцією, що складається з причіпного бункера-пневмосистеми та посівного агрегату-культиватора. (рис. 3.1).

Рисунок 3.1 – Загальний вид модернізованого посівного комплексу ПК-9,7

Будова. Бункер-пневмосистема складається з рами, бункера для насіння і добрив, автономного дизельного двигуна, вентилятора, завантажувального шнека, на якому встановлені гідромотор з гідравлічним розподільником, а також очищувача повітря з камерою очистки повітря.

Посівний агрегат-культиватор включає раму, стрічкові лапи-сошники, гризядні пружинні брани, первинний і вторинні розподільники-колектори насіння, підйомні гідроциліндри, передні опорні, регульовані колеса, двобалансирний опорно-прикочувальний пристрій.

Принцип роботи.

Насіннєве ложе формують у ґрунті робочі поверхні розпушувальних лат 2 (рис.3.2), що утворюють тригранний клин. Розпушувальні лати 2 встановлені з перекриттям, що забезпечує виконання насіннєвого ложа у вигляді єдиної поверхні, площа якої дорівнює площі поля, що засівається. Інша частина насіння відбивається від поверхні дугоподібного відбивача насіння 9 і виступів 12 і розподіляється на поверхню насіннєвого ложа по всій ширині захоплення

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

розпушувальних лап 2, встановлених з перекриттям і формують єдину поверхню насінневого ложа поля, що засівається. Насіння, покладене на насіннєве ложе, що є єдиною поверхнею, засипаються ґрунтом, що сходять з розпушувальних лап 2 в процесі їх руху. Після посіву трирядні пружинні борони закладають смуги посіву мульчованим шаром, а ковзанки прикочують смугу посіву.

Задні котки, що прикочують, так само виконують роль опорних котків. Двобалансирна підвіска опорно-прикочувального пристрою забезпечує копіювання найскладнішого рельєфу.

1 – стоїк; 2 – розпушувальна лапа; 3 – насінняукладач; 4 – канал; 5 – вихідний отвір; 6 – гребінь-ущільнювач; 7 – задня кромка; 8 – вирізи; 9 – відбивач насіння; 10 – виступ; 11 – плоска поверхня; 12 – виступ

Рисунок 3.2 – Лапа-сошник

Новизна заявленого технічного рішення у тому, що з допомогою виконання гребеня-ущільнювача йде формування дна насінневого ложа як єдиної поверхні.

Закріплення гребеня-ущільнювача знизу на розпушувальній лапі з утворенням разом з нею тригранного клина забезпечує формування дна борозни,

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

а при розстановці на рамі розпушувальних лап для суцільного посіву (коли різучі кромки розпушувальних лап встановлені з перекриттям) створює єдину Причину скорочення величини відхилень від заданої глибини закладення насіння. Крім цього внутрішня поверхня гребеня-ущільнювача бере участь у розподілі насіння по довж. борозни спільно з кутоподібним відскачком насіння і запобігає можливе забивання ґрунтом вихідного отвору вертикального каналу укладання насіння.

3.2 Конструкторські розрахунки

Модернізований посівний комплекс виконує за один прохід по полі кілька технологічних операцій, тому його деталі та складальні одиниці необхідно розрахувати та підібрати матеріал, що витримує навантаження покладені на нього.

Найбільші навантаження припадають на стійки та лапи культиватора, тому що в їх завдання входить розпушування ґрунту. При сівбі на культиватор встановлюють сошники, укріплені на твердих стійках. У разі використання культиватора з прямим призначенням на нього можуть бути встановлені лапи на пружинних стійках.

Розрахунок параметрів пружної стійки просапного культиватора

Для прикладу розглянемо С-подібну пружну стійку з радіусом кривизни секторів r_1, r_2, r_3 та відповідними кутами $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ (рис. 3.3). Її верхня частина жорстко зацEMENTена, до нижнього кінця прикладені сили, H : горизонтальна P_x , вертикальна P_y та бічна P_z (перпендикулярно до площини $x-y$).

Рисунок 3.3 – Схема розрахунку параметрів пружної стійки культиватора

Використовуючи диференціальне рівняння пружної ліній стійки та інтеграл Мора, визначаємо залежності для розрахунку переміщень елементів стійки, м [2]:

від дії сили F_r :

$$\delta_{1r} = \frac{P_r \cdot r_1^3}{E \cdot I_y} \cdot \left[\frac{\varphi_1^3}{2} + \cos \varphi_1 \right], \quad (3.1)$$

$$\delta_{2r} = \frac{P_r \cdot r_2^3}{E \cdot I_y} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot r_1 \cdot \varphi_2^2 + r_2 \cdot \varphi - r_2 \sin \varphi \right]; \quad (3.2)$$

$$\delta_{3r} = \frac{P_r \cdot r_3^3}{E \cdot I_y} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot r_1 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2} \cdot r_2 \cdot \sin \varphi_2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2 - r_3 \cdot \sin \varphi_3 + \right. \\ \left. + r_3 \cdot \sin \varphi_2 + r_3 \cdot \cos \varphi_2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2) - \frac{1}{2} \cdot r_2 \cdot \sin \varphi_2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2 \right]; \quad (3.3)$$

від дії сили P_θ :

$$\delta_{1\theta} = \frac{P_\theta \cdot r_1^3}{E \cdot I_x} \cdot (\varphi_1 - \sin \varphi_1); \quad (3.4)$$

$$\delta_{2\theta} = \frac{P_\theta \cdot r_2^3}{E \cdot I_x} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot r_1 \cdot \varphi_2^2 - \frac{1}{2} \cdot r_2 \cdot \varphi_2^2 + r_2 - r_2 \cdot \cos \varphi_2 \right]; \quad (3.5)$$

$$\delta_{3\theta} = \frac{P_\theta \cdot r_3^3}{E \cdot I_x} \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot r_1 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2 - \frac{1}{2} \cdot r_2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2 + \frac{1}{2} \cdot r_2 \cdot \cos \varphi_2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2 - \right. \\ \left. - \frac{1}{2} \cdot r_3 \cdot \cos \varphi_2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2)^2 + r_3 \cdot (\cos \varphi_2 - \cos \varphi) - r_3 \cdot \sin \varphi_2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2) \right]; \quad (3.6)$$

від дії сили P_ϕ :

$$\delta_\phi = \frac{P_\phi \cdot r_3}{G \cdot J_\kappa} \cdot \left[\sqrt{(r_3 + r_1 - (r_3 - r_2))^2 + (r_1 - r_2)^2} \cdot \cos \gamma \right] \cdot (\varphi_3 - \varphi_2) + \\ + \frac{P_\phi \cdot r_3}{E \cdot I_x} \cdot \left[\sqrt{(r_1 - (r_3 - r_2))^2 + (r_1 - r_2)^2} \cdot \sin \gamma \right]^2 \cdot (\varphi_3 - \varphi_2) \quad (3.7)$$

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

де E – модуль пружності першого роду, H/m^2 ;

I_x, I_y – моменти інерції перерізу при вигині, m^4 ;

J_k – момент інерції перерізу при крученні, m^4 ;

G – модуль пружності другого роду H/m^2 .

Важливою характеристикою пружної стійки є частота своїх коливань (Гц). Для квадрата частоти з використанням енергетичного методу застосовуємо формулу:

$$p^2 = \frac{\sum P_i \cdot \delta_i}{\sum m_i \cdot \delta_i^2}; \quad (3.8)$$

де для i -го елемента стійки:

P_i – сила, H ;

δ_i – переміщення, m ;

m_i – маса, kg .

Маса: $m_i = \gamma \cdot r_i \cdot d_i \cdot \phi_i \cdot b \cdot h;$ (3.9)

Перелічний розрахунок запобіжного пристрою

Вибір схеми запобіжника залежить від конструктивних особливостей машини, що проектується, і результатів силового розрахунку. При розрахунку запобіжника лапи культиватора зусилля спрацьовування має дорівнювати

$$P_{пр} = \delta R, \quad (3.10)$$

де R – середнє значення тискового опору лапи цьому полі.

Опір R однієї лапи «середнього» ряду дорівнює

$$R = qt, \quad (3.11)$$

де q – питомий опір; t – ширина захвату однієї лапи.

Силовий розрахунок запобіжника виконаємо для нормальної роботи лап.

До наїзду лапи на перешкоду стійка лапи повинна зберігати постійне положення і стикатися з упором. Це буде забезпечено, якщо момент

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

рівнодіючого реактивних сторів ґрунту R щодо точки O буде менше суми моментів сил F і G , що перешкоджають відхиленню лапи щодо цієї точки (рис.3.4).

Рисунок 3.4 – Схема запобіжника культиватора

Тому

$$Rh + Nl_2 = Fl + Gl_1, \quad (3.12)$$

де F – пружна сила, створювана пружиною; G – вага ескцій; N – реакція упору

Вирішуючи це рівняння щодо F , знаходимо:

$$F = \frac{Rh + Nl_2 - Gl_1}{l}, \quad (3.13)$$

Зусилля спрацювання запобіжника знаходимо за формулою (3.10). Підставляючи це значення замість сили R в рівняння (3.13), а також вважаючи, що $N = 0$, і нехтуючи малим моментом сили G отримаємо:

$$F = P_{\text{гп}} \frac{h}{l} = 180 \cdot 0,44 \cdot 2,1 \frac{0,62}{0,16} = 6445 \text{ Н} \quad (3.14)$$

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Хоча напрям сили P не завжди буває горизонтальним, проте при розрахунку запобіжників її приймають спрямованою паралельно дну борозни і доданої до ност робочого органу.

Розрахунок запобіжної пружини [2, 5]

$$P_1 = 110 \text{ кгс}; P_2 = 3220 \text{ Н}; h = 20 \text{ мм}; v_0 = 2,5 \text{ м/с}.$$

Знаходимо граничні значення сили P_3 , користуючись інтервалом значень δ от 0,05 до 0,25.

$$P_3 = \frac{P_2}{1-0,05} : \frac{P_2}{1-0,25} = 3392 \div 4296 \text{ Н} \quad (3.15)$$

Підбираємо пружину номером пружини 219 : $P_3 = 400 \text{ кгс}; d = 10,0 \text{ мм}; D = 50 \text{ мм}; z_1 = 1562 \text{ Н/мм}; f_3 = 2,561 \text{ мм}.$

Враховуючи, що для пружин 1 класу норма напруження $\tau_3 = 56 \text{ кгс/мм}^2$

$$v_{кр} = \frac{\tau_3(1 - \frac{P_2}{P_3})}{3,58} = \frac{56 \cdot 0,2}{3,58} = 3,13 \text{ м/с} \quad (3.16)$$

$$\frac{v_0}{v_{кр}} = \frac{2,5}{3,13} = 0,8 < 1. \quad (3.17)$$

Отримана величина свідчить про відсутність зіткнення витків, і, отже, вибрана пружина задовольняє заданим умовам.

Жорсткість пружини

$$z = \frac{P_2 - P_1}{h} = \frac{322 - 110}{20} = 106 \text{ Н/мм}. \quad (3.18)$$

Число робочих витків пружини:

$$n = \frac{z_1}{z_2} = \frac{156,2}{10,6} = 14,73 \approx 14,5 \quad (3.19)$$

Уточнена жорсткість:

$$z = \frac{z_1}{n} = \frac{156,2}{15,5} = 107,7 \text{ Н/мм}. \quad (3.20)$$

При півтора неробочих витках повна кількість витків

$$n_1 = n + n_2 = 14,5 + 1,5 = 16. \quad (3.21)$$

Середній діаметр пружини

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$D_0 = 50 - 10 = 40 \text{ мм.} \quad (3.22)$$

Вычисляем деформаций, высоты и шаг пружины:

$$F_1 = \frac{P_1}{z} = \frac{110}{10,77} = 10 \text{ мм;} \quad (3.23)$$

$$F_2 = \frac{P_2}{z} = \frac{322}{10,77} = 30 \text{ мм;} \quad (3.24)$$

$$F_3 = \frac{P_3}{z} = \frac{400}{10,77} = 37 \text{ мм;} \quad (3.25)$$

$$H_3 = (n_1 + 1 - n_3)d = (16 - 1 - 1,5)10 = 155 \text{ мм;} \quad (3.26)$$

$$H_0 = H_3 + F_3 = 155 + 37 = 192 \text{ мм;} \quad (3.27)$$

$$H_1 = H_0 - F_1 = 192 - 10 = 182 \text{ мм;} \quad (3.28)$$

$$H_2 = H_0 + F_2 = 192 - 30 = 162 \text{ мм;} \quad (3.29)$$

$$t = f_3 + d = 2,561 + 10 = 12,561 \text{ мм;} \quad (3.30)$$

Розрахунок різьбових з'єднань, що сприймають поперечне навантаження [2,5]

Болт поставлений із зазором.

Щоб уникнути зсуву деталей, різьбове з'єднання необхідно затягнути так, щоб сила тертя F_T на стику деталей була не меншою за зсувну силу:

$$F_T = fFz_i \geq Q, \quad (3.31)$$

де f – коефіцієнт тертя ($f = 0,15 \dots 0,2$), F – необхідна сила затягування;

z – кількість болтів; i – число стиків.

Тоді необхідна сила затягування:

$$F = \frac{kQ}{fzi} = \frac{1,3 \cdot 1629,9}{0,2 \cdot 1 \cdot 2} = 7334,5 \text{ Н,} \quad (3.31)$$

де k – коефіцієнт запасу ($k = 1,8 \dots 2,0$).

Залежно від передбачуваного діаметра різьблення, приймаємо $s_T = 6,5$ і тоді

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{s_T} = \frac{300}{6,5} = 46,2 \text{ МПа.} \quad (3.32)$$

Тоді розрахунковий внутрішній діаметр різьблення дорівнює:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot F}{\pi [\sigma]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,3 \cdot 7334,5}{3,14 \cdot 46,2}} = 16,21 \text{ мм.} \quad (3.33)$$

Цьому значенню d_1 відповідає болт М18 ($d_1 = 16,37$ мм при $P = 1,5$).

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Розрахунок їх на міцність зварних з'єднань

Таврові з'єднання.

При виконанні з'єднання тавровим кутовим швом без обробки кромки (рис. 3.5), кожна платформа відчуває напругу стиснення під дією сили $F = 0,83 \text{ кН}$.

Рисунок 3.5 – Схема таврового з'єднання

$$\sigma = \frac{F}{2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot l} \leq [\sigma'_{сж}] \quad (3.34)$$

где l – довжина кожного шва, мм.

Допустима напруга шва працюючого на стиск $[\sigma'_{сж}] = [\sigma_p] = 160 \text{ МПа}$.

Перевіряємо міцність таврового з'єднання за умовою міцності:

$$\sigma = \frac{830 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 4} = 148,2 \text{ МПа} \leq [\sigma'_{сж}] = 160 \text{ МПа}$$

Умова міцності зварних швів виконується.

У конструкторському розділі виконано удосконалення стійки лапи-сошника посівного комплексу ПК 9,7. Запропонована конструкція забезпечує підвищення жорсткості та міцності робочого органу, зменшує його деформації під навантаженням і сприяє стабільнішому дотриманню глибини заорання насіння. Проведені розрахунки підтвердили працездатність і надійність розробки. Впровадження удосконаленої стійки дозволить покращити якість

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

посіву, підвищити рівномірність розміщення насіння та ефективність роботи агрегату в цілому.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Одним із найважливіших критеріїв оцінки доцільності впровадження нової конструкції є її економічна ефективність. Запропоноване удосконалення стійки лапи-сошника комбінованого агрегату спрямоване на підвищення надійності роботи сошникової групи, покращення стабільності глибини загортання насіння та зменшення експлуатаційних витрат.

Економічний ефект від впровадження модернізованої конструкції досягається за рахунок:

- зниження витрат на ремонт і технічне обслуговування;
- збільшення строку служби стійок-лап-сошників;
- зменшення втрат часу через відмови робочих органів;
- підвищення якості посіву;
- збільшення врожайності зернових культур.

Вихідні дані для розрахунку

Таблиця 4.1 Вихідні дані

Показник	Значення
Площа посіву зернових культур, F	1000 га
Кількість стійок на агрегаті, n	40 шт.
Вартість виготовлення однієї удосконаленої стійки, C	450 грн
Витрати на модернізацію, K_b	18000 грн
Витрати на ремонт до модернізації, B_1	30000 грн
Витрати на ремонт після модернізації, B_2	15000 грн
Приріст урожайності, ΔU	0,05 т/га
Реалізаційна ціна зерна, C_3	6500 грн/т

Визначення капітальних вкладень

Загальні витрати на модернізацію становлять:

$$K_b = C \cdot n, \quad (4.1)$$

$$K_b = 450 \cdot 40 = 18000 \text{ грн}$$

Отже, для впровадження модернізованої конструкції необхідно 18000 грн одноразових капітальних вкладень.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Економія витрат на ремонт

Річна економія коштів за рахунок зменшення ремонтних витрат становить:

$$E_p = E_1 - B_2, \quad (4.2)$$

$$E_p = 30000 - 15000 = 15000 \text{ грн}$$

Таким чином, лише за рахунок підвищення надійності соломкової групи господарство щорічно економить 15000 грн.

Додатковий прибуток від підвищення врожайності

Удосконалена стійка забезпечує більш стабільну глибину загортання насіння, що сприяє дружним сходам та рівномірному розвитку рослин.

Додатковий валовий збір зерна:

$$Q_d = F \cdot \Delta V, \quad (4.3)$$

$$Q_d = 1000 \cdot 0,05 = 50 \text{ т}$$

Додатковий дохід від реалізації зерна:

$$E_v = Q_d \cdot C_z, \quad (4.4)$$

$$E_v = 50 \cdot 6500 = 325000 \text{ грн}$$

Отже, завдяки підвищенню якості посіву господарство може додатково отримати продукції на суму 325000 грн за рік.

Загальний річний економічний ефект

Загальний економічний ефект визначається як сума економії експлуатаційних витрат та додаткового доходу:

$$E_{\text{заг}} = E_p + E_v, \quad (4.5)$$

$$E_{\text{заг}} = 15000 + 325000 = 340000 \text{ грн}$$

Отже, річний економічний ефект від впровадження удосконаленої конструкції становить 340000 грн.

Коефіцієнт економічної ефективності

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_k = \frac{E_{\text{заг}}}{K_v}, \quad (4.6)$$

$$E_k = \frac{340000}{18500} = 18,89 \approx 19.$$

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримане значення значно перевищує нормативне значення $E_n = 0,15$, що свідчить про високу ефективність запропонованого технічного рішення.

Строк окупності капітальних вкладень

Строк окупності визначається за формулою:

$$T = \frac{K_B}{E_{\text{заг}}} \quad (4.7)$$

$$T = \frac{18000}{340000} = 0,053 \text{ року} = 0,64 \text{ міс.}$$

Таким чином, витрати на модернізацію окупляться менш ніж за один місяць експлуатації агрегату.

Таблиця 4.2 – Основні показники економічної ефективності

Показник	Значення
Капітальні вкладення	18000 грн
Економія ремонтних витрат	15000 грн
Додатковий дохід від підвищення врожайності	325000 грн
Загальний економічний ефект	340000 грн
Коефіцієнт економічної ефективності	19
Строк окупності	0,64 місяця

Проведені розрахунки показали, що удосконалення стійки лапи сошника комбінованого агрегату (посівного комплексу) ПК-9,7 є економічно доцільним. Запропонована конструкція забезпечує підвищення надійності роботи сошникового вузла, покращення якості посіву та зменшення експлуатаційних витрат. Річний економічний ефект становить 340 тис. грн, а строк окупності капітальних вкладень не перевищує одного місяця, що підтверджує високу ефективність впровадження розробки.

4.2 Охорона праці

Під час експлуатації комбінованого агрегату для підготовки ґрунту та посіву зернових культур працівники зазнають впливу низки небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Основними виконавцями робіт є тракторист-машиніст та працівники, які здійснюють завантаження насіння, добрив, регулювання та технічне обслуговування агрегату.

До основних небезпечних виробничих факторів належать рухомі частини машин і механізмів, можливість травмування під час агрегування машини з трактором, обертальні елементи привою, підвищена запиленість повітря робочої зони, підвищений рівень шуму та вібрації, можливість контакту з мінеральними добривами, несприятливі метеорологічні умови під час польових робіт [3].

З метою запобігання виробничому травматизму всі роботи повинні виконуватися відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві та інструкцій з експлуатації машин.

Заходи безпеки під час роботи з агрегатом.

До роботи на тракторі з комбінованим агрегатом допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж з охорони праці та мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан трактора та агрегату, оглянути кріплення робочих органів, перевірити справність гідросистеми, переконатися у відсутності сторонніх предметів у зоні роботи, перевірити наявність захисних кожухів.

Під час роботи забороняється перебувати стороннім особам у зоні дії агрегату, усувати несправності при працюючому двигуні, очищати робочі органи під час руху, виконувати регулювання агрегату без його повної зупинки.

При технічному обслуговуванні агрегат необхідно встановлювати на рівному майданчику, загальмувати трактор і вимкнути двигун.

Пожежна безпека

Пожежна безпека забезпечується відповідно до вимог ДБН та Правил пожежної безпеки в Україні.

Основними причинами виникнення пожеж є коротке замикання електромереж, несправність паливної системи, порушення правил виконання зварювальних робіт, займання рослинних решток на нагрітих поверхнях техніки.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Для запобігання пожежам необхідно утримувати електрообладнання у справному стані, своєчасно очищати техніку від пилу та рослинних решток, забезпечити роботу місця первинними засобами пожегостігіння, дотримуватися правил зберігання паливно-мастильних матеріалів.

На ремонтній дільниці рекомендується встановити порошкові вогнегасники ВП-5 та пожежний щит із необхідним інвентарем.

Проведений умов праці показав наявність небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час експлуатації комбінованого агрегату ПК-9,7. Запропоновані організаційні та технічні заходи забезпечують безпечні умови праці обслуговуючого персоналу. Дотримання вимог охорони праці та пожежної безпеки сприятиме зниженню виробничого травматизму та підвищенню безпеки праці.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Сучасне сільськогосподарське виробництво повинно забезпечувати не лише високу продуктивність, але й мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище. Під час виконання технологічних операцій з підготовки ґрунту та посіву зернових культур основними джерелами екологічного впливу є сільськогосподарська техніка, паливно-мастильні матеріали, мінеральні добрива та процеси обробки ґрунту.

При експлуатації комбінованого агрегату ПК-9,7 можливий негативний вплив на навколишнє середовище внаслідок викидів відпрацьованих газів двигуна трактора, забруднення ґрунту паливом та мастильними матеріалами, ущільнення ґрунту ходовими системами машин, надмірного внесення мінеральних добрив, підвищення запиленості повітря під час виконання польових робіт.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Запропоноване удосконалення стійки лапи-сошника не призводить до збільшення негативного впливу на довкілля та сприяє підвищенню якості виконання технологічного процесу.

Заходи щодо охорони земельних ресурсів [11].

Ґрунт є основним засобом виробництва в сільському господарстві, тому його охорона має першочергове значення.

Для збереження родючості ґрунтів необхідно дотримуватися науково обґрунтованих сівозмін, застосовувати ресурсозберігаючі технології обробки ґрунту, запобігати розвитку водної та вітрової ерозії, не допускати забруднення ґрунту нафтопродуктами, проводити агрохімічний контроль родючості земель.

Використання комбінованого агрегату ПК-9,7 дозволяє виконувати кілька технологічних операцій за один прохід, що сприяє зменшенню ущільнення ґрунту та збереженню його структури.

Заходи щодо зменшення забруднення атмосферного повітря.

Основним джерелом забруднення атмосфери під час польових робіт є двигуни внутрішнього згорання тракторів.

Для зменшення викидів шкідливих речовин необхідно підтримувати двигун у технічно справному стані, своєчасно виконувати технічне обслуговування малярної апаратури, використовувати якісне паливо, не допускати роботи двигуна на режимах перевантаження, скорочувати кількість проходів техніки по полю.

Застосування комбінованого агрегату дозволяє замінити декілька окремих технологічних операцій одним проходом, що сприяє зменшенню витрати пального та зменшенню викидів в атмосферу на 20–30 %.

Поводження з відходами виробництва.

Під час технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки утворюються відпрацьовані мастила, використані фільтри, металобрухт, зношені деталі та вузли, забруднене ганчір'я.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Усі відходи повинні збиратися в спеціально відведених місцях та передаватися спеціалізованим підприємствам для подальшої утилізації або переробки.

Забороняється зливати відпрацьовані мастила на поверхню ґрунту, у водосіми або каналізаційні мережі.

Запропоноване удосконалення стійки лапи-сошника сприяє підвищенню якості виконання посівних робіт та забезпечує стабільніше дотримання глибини загортання насіння. Це дозволяє підвищити польову схожість культур і більш ефективно використовувати добрива та вологу ґрунту.

Застосування комбінованого агрегату ПК-9,7 забезпечує скорочення кількості проходів техніки по полю зменшення ущільнення ґрунту зниження витрат пального, скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу, раціональне використання матеріальних ресурсів.

Таким чином, запропонована конструкція відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та сприяє впровадженню ресурсозберігаючих технологій у сільськогосподарському виробництві.

Отже, розглянуто основні екологічні аспекти експлуатації комбінованого агрегату ПК-9,7 та заходи щодо зменшення його впливу на навколишнє середовище. Встановлено, що використання комбінованого агрегату дозволяє скоротити кількість технологічних операцій, знизити витрати пального та зменшити ущільнення ґрунту. Запропоноване удосконалення стійки лапи-сошника не створює додаткового негативного впливу на довкілля та сприяє підвищенню ефективності використання природних ресурсів.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне завдання галузевого машинобудування, пов'язане з підвищенням ефективності виконання

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

передпосівного обробітку ґрунту та посіву зернових культур шляхом удосконалення конструкції комбінованого агрегату ПК-9,7.

З аналізу існуючих технологій та технічних засобів встановлено, що одним із недоліків базової конструкції є недостатня стабільність роботи лапи-сошника, що призводить до нерівномірності глибини загортання насіння та погіршення якості виконання технологічного процесу. Для усунення виявлених недоліків запропоновано удосконалену конструкцію стійки лапи-сошника, яка забезпечує підвищення її жорсткості та надійності в роботі.

У роботі виконано технологічне опрацювання деталі «С стійка», розроблено маршрут її виготовлення, визначено способи базування, режими обробки та необхідне технологічне оснащення. Проведені конструкторські розрахунки підтвердили міцність і працездатність запропонованої конструкції.

Виконана оцінка економічної ефективності показала, що впровадження удосконаленої стійки лапи-сошника дозволяє знизити експлуатаційні витрати, підвищити якість посіву та отримати річний економічний ефект у розмірі близько 340000 грн. Строк окупності запропонованої розробки становить менше місяця, що підтверджує її економічну доцільність.

У розділах з охорони праці та охорони навколишнього середовища розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці та зменшення негативного впливу виробничої діяльності на довкілля.

Таким чином, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута, а запропонована конструкція удосконаленої стійки лапи-сошника комбінованого агрегату ПК-9,7 є технічно обґрунтованою, економічно ефективною та придатною до практичного впровадження у сільськогосподарське виробництво.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Адамчук В.В., Бушаков В.М. Механіко-технологічні основи взаємодії робочих органів із ґрунтом. Київ : Аграрна наука, 2021. 312 с.

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

2. Артёмов М. П., Лещенко С. М. Розрахунок і конструювання вузлів сільськогосподарських машин. Дніпро : ДДАЕУ, 2020. 286 с
3. Войналович О. В., Яцул С. С. Охорона праці в агропромисловому комплексі. Київ : Урожай, 2022. 318 с.
4. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Г. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2019. 552 с.
5. Тарельник В. Б., Косоплянченко Є. В., Зубко В. М. Галузеве машинобудування. Олді+, 2023. 468 с. ISBN 978-966-289-563-3.
6. Горбатюк Є. О., Мазур М. П., Венкін А. С., Каразей В. Д. Технологія машинобудування: навч. посіб. «Новий Світ» 2000, 2009. 358 с.
7. Гуков Я. С., Спирозатка О. М. Ресурсозберігаючий обробіток ґрунту: теорія і практика. Київ : Урожай, 2021. 240 с.
8. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин : у 2 т. Харків : ХНТУСГ, 2019. Т. 1. 408 с.
9. Машини для обробітку ґрунту та сівби : монографія / Шустік Л. П., Халін С. В., Новохацький М. Л. та ін. Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2022.
10. Кувачов В. П. Технологічні аспекти застосування ґрунтообробних агрегатів у точному землеробстві. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. 198 с.
11. Мельник Л. Г. Основи екології та охорони навколишнього середовища. Суми. Університетська книга, 2021. 548 с.
12. Мороз С. М., Герук С. М. Технічне обслуговування та ремонт машин АПК. Київ : НУБіП України, 2021. 334 с.
13. Надикто В. Т. Техніко-технологічне забезпечення ресурсоощадних технологій у рослинництві. Мелітополь : Лукс, 2019. 284 с.
14. Оліщук Р. М., Гречкосій В. Д. Економіка впровадження нових технічних засобів у сільськогосподарське виробництво. Київ : Аграрна освіта, 2020. 192 с.

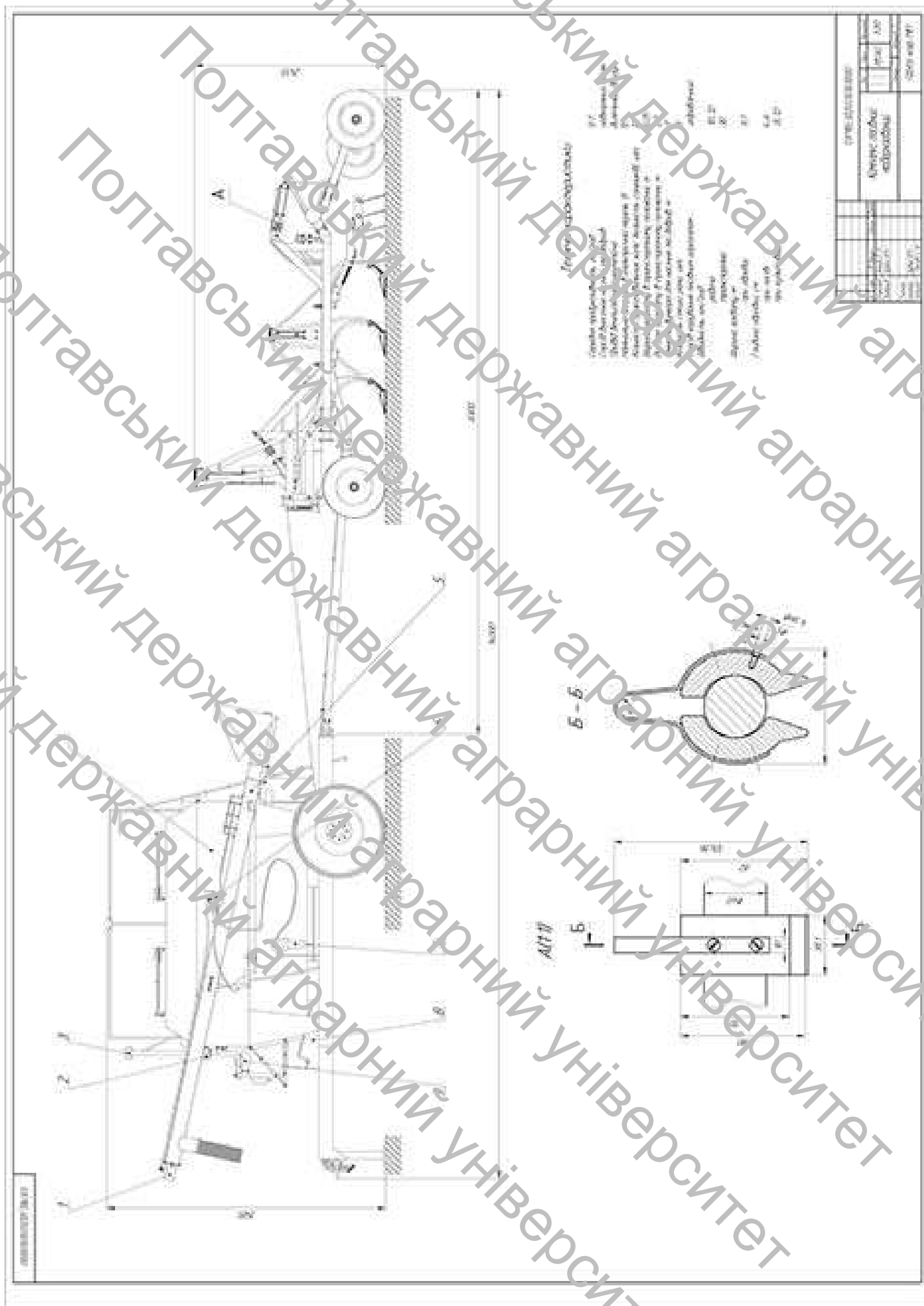
					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

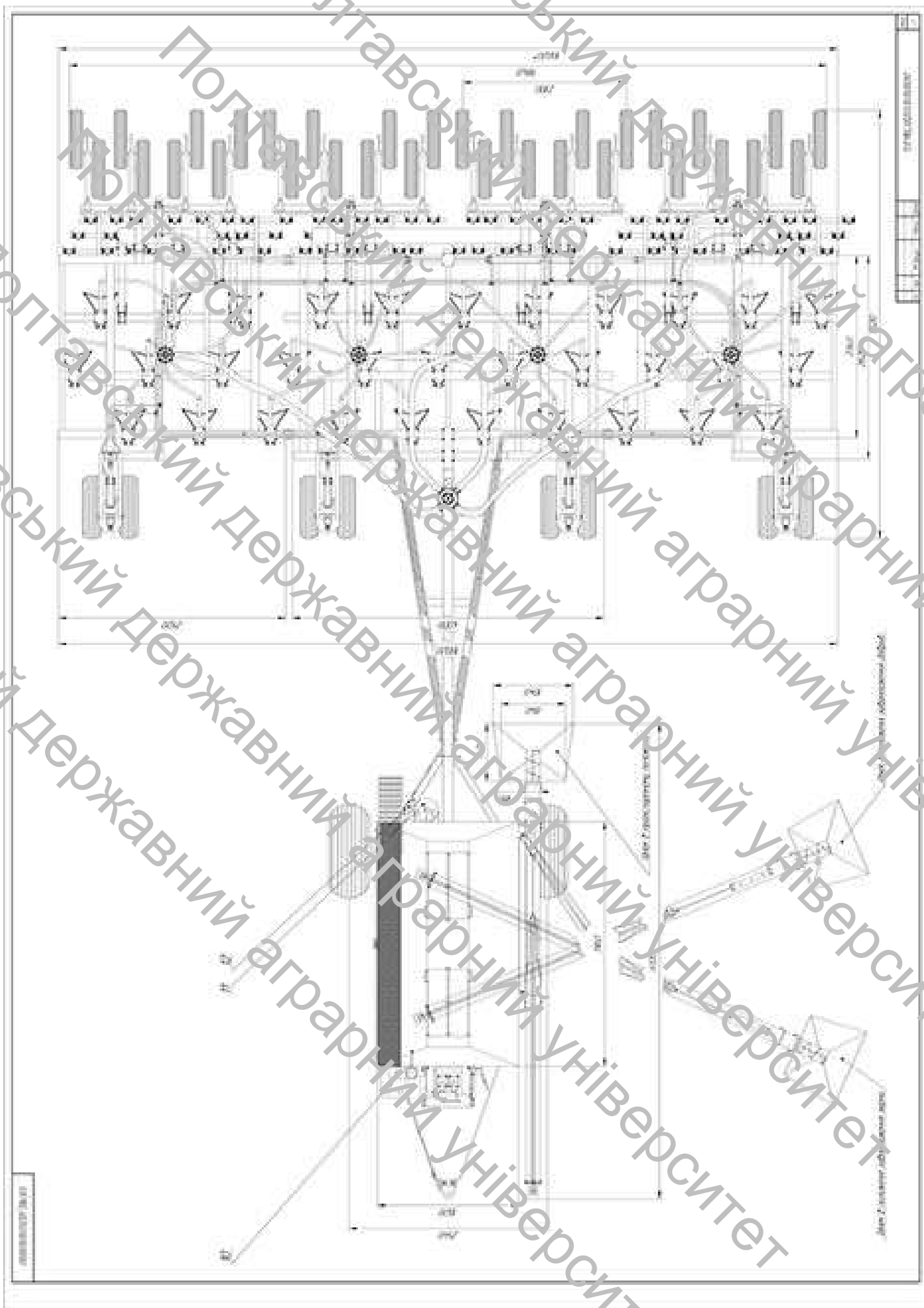
15. Панченко А. І., Волошина А. А. Гідропневмосистеми сільськогосподарських машин. Мелітополь : ТДАТУ, 2022. 210 с
16. Пастухов В. І., Рубльов Б. І. Ґрунтообробні машини та знаряддя : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2020. 248 с.
17. Сало В. М., Лузан П. Г. Конструювання сільськогосподарських машин : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 320 с.
18. Чигрин О. В., Нікітін Є. А. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Полтава : ПДАУ, 2021. 256 с
19. ДСТУ 2631:2005. 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.

					КРБ.133ГМ6д_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ДОДАТКИ

					КРБ.133ГМбд_32[2].03.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54





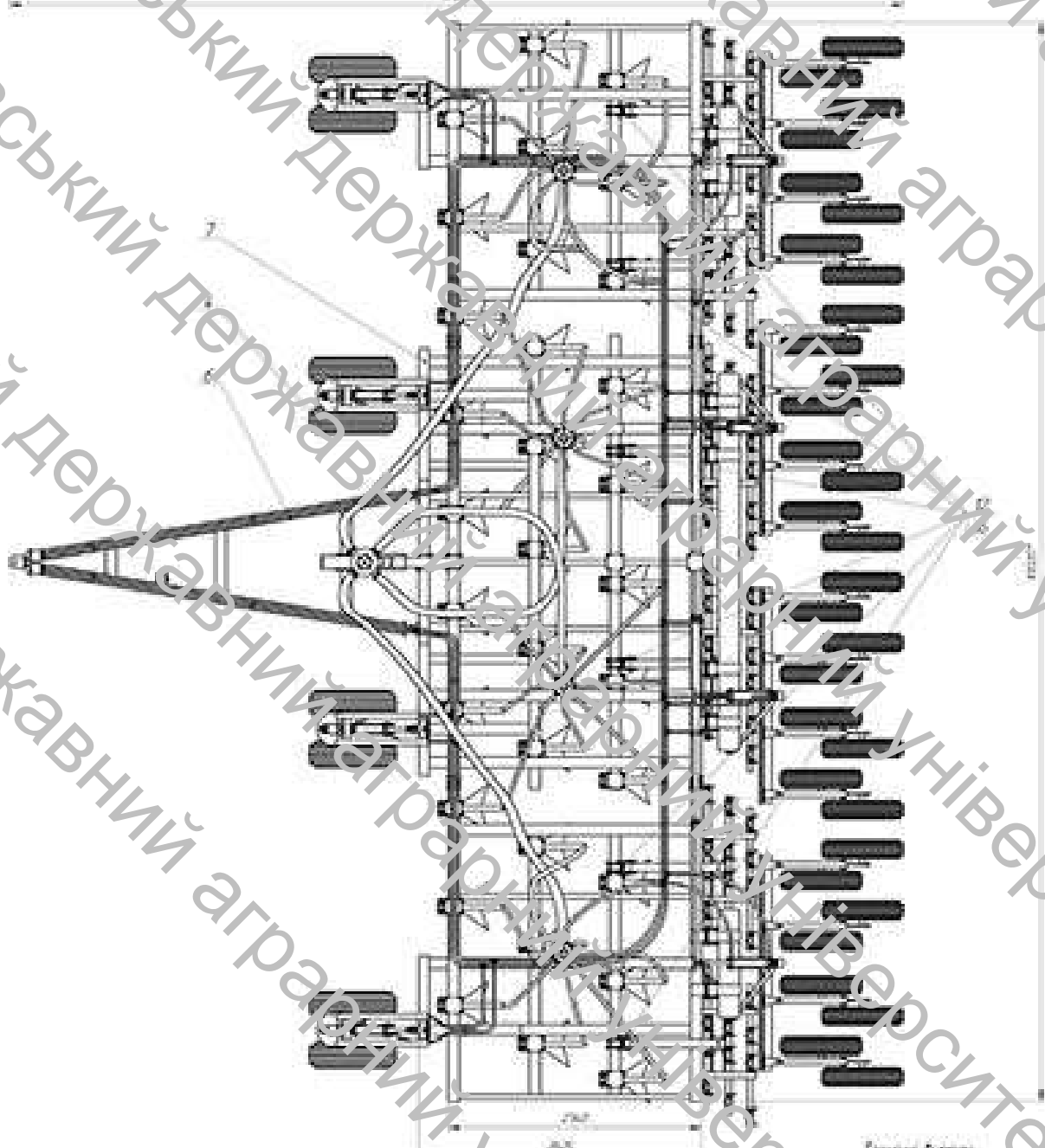
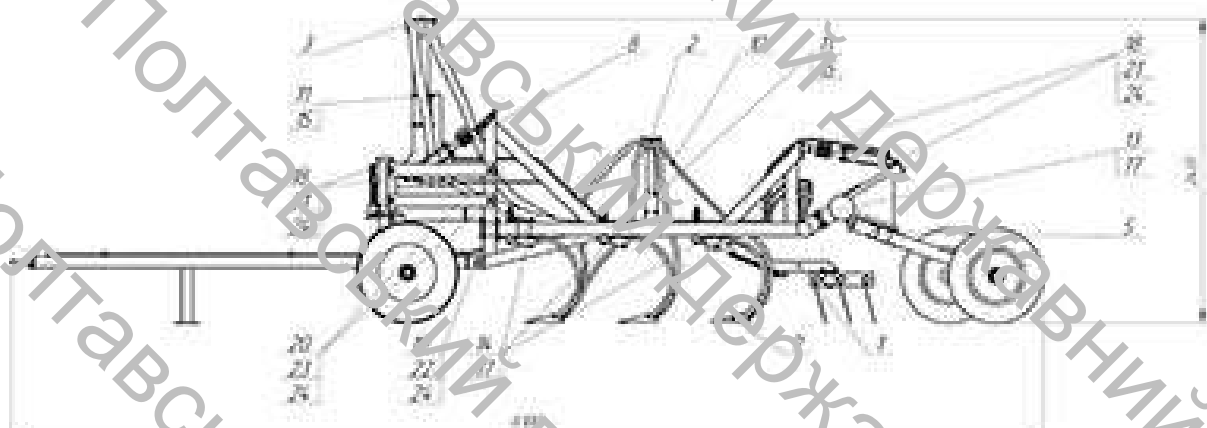
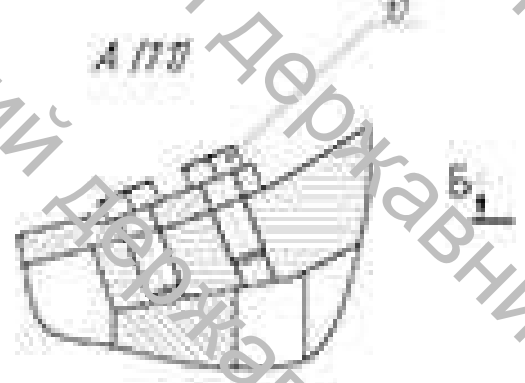
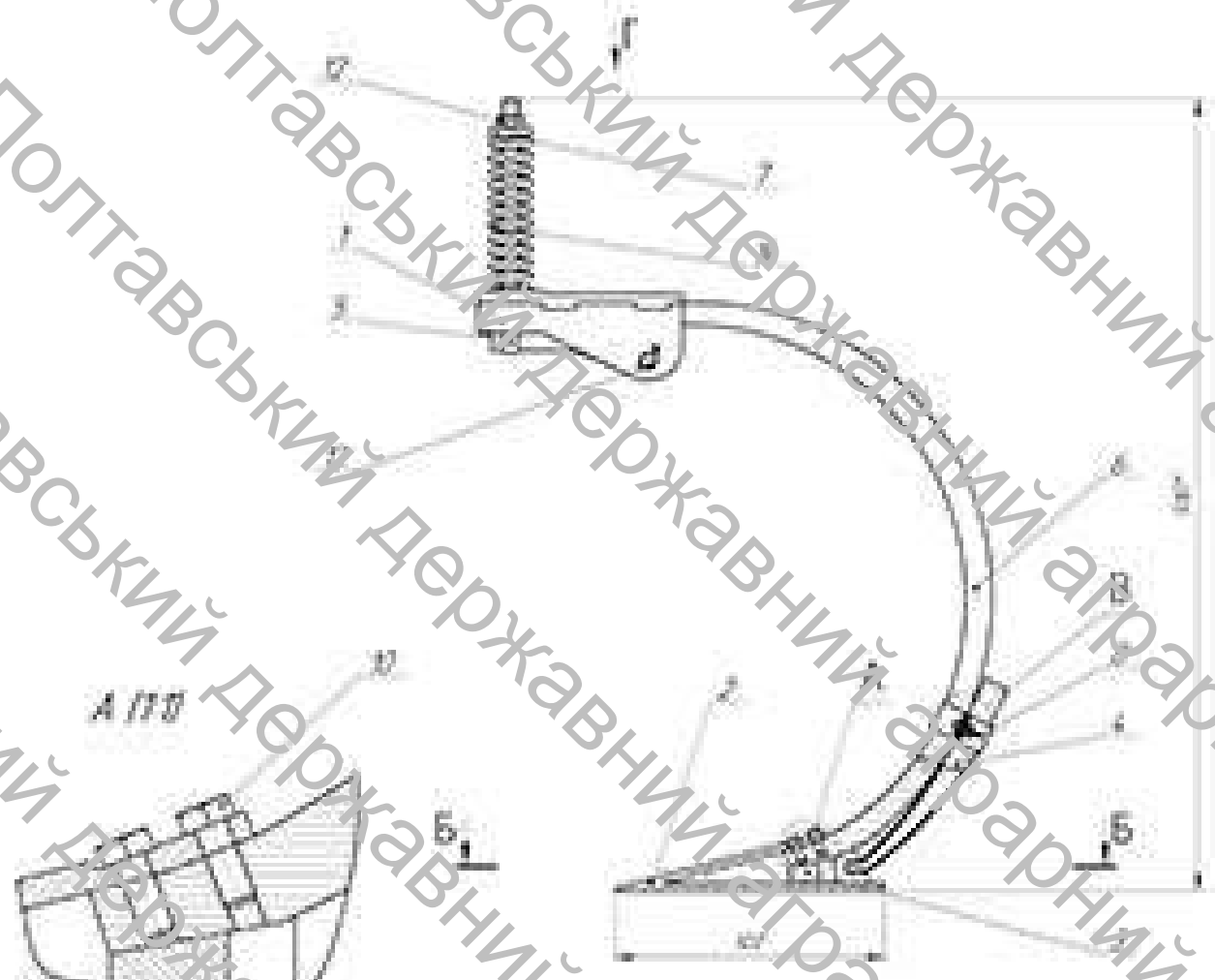


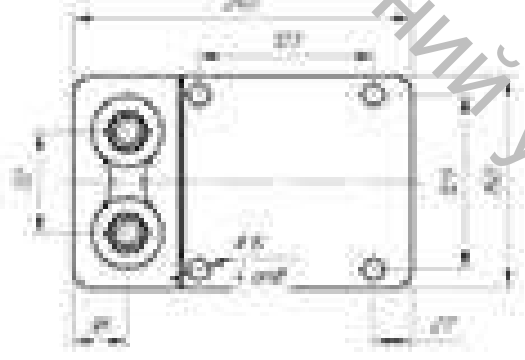
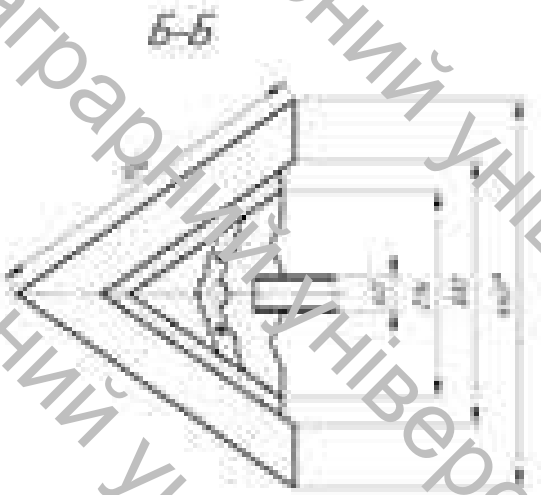
Рис. 1. Схема (вариант)

1 - ...
2 - ...
3 - ...
4 - ...
5 - ...
6 - ...
7 - ...
8 - ...
9 - ...
10 - ...
11 - ...
12 - ...
13 - ...
14 - ...
15 - ...
16 - ...
17 - ...
18 - ...
19 - ...
20 - ...

Итого: количество			
Кол-во	Наименование	Единица	Значение
1	...	шт.	...
2	...	шт.	...
3	...	шт.	...
4	...	шт.	...
5	...	шт.	...
6	...	шт.	...
7	...	шт.	...
8	...	шт.	...
9	...	шт.	...
10	...	шт.	...
11	...	шт.	...
12	...	шт.	...
13	...	шт.	...
14	...	шт.	...
15	...	шт.	...
16	...	шт.	...
17	...	шт.	...
18	...	шт.	...
19	...	шт.	...
20	...	шт.	...



Г 1129



Чертеж детали

				ИЗДАНИЕ	
				Лист	Лист
				Лист	Лист
				ИЗДАНИЕ	

