

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 висіваючого апарату»

КРБ.133ГМбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
ПОГРІБНЯК Євгеній

Керівник: ХАРЧЕНКО Сергій

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

Євгеній ПОГРІБНЯК

1 Тема роботи: *«Удосконалення конструкції висіваючого апарату»*

керівник роботи ***доктор техн. наук, професор ХАРЧЕНКО Сергій,***
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: *кресленник загального виду висіваючого апарату; складальний кресленник вузла, що виноситься на розгляд; робочі кресленники деталей вузла апарату.*

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 _____ Євгеній ПОГРІБНЯК
(підпис)

Керівник роботи _____ Сергій ХАРЧЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 5 рисунків, 14 таблиць, 30 використаних джерел, 1 додаток, 52 сторінки.

Об'єкт розробки – технологічний процес висіву насіння зернових культур.

Предмет розробки – конструкція висіваючого апарата зернової сівалки.

Достановка актуальної технічної задачі – підвищення рівномірності висіву насіння зернових культур шляхом удосконалення конструкції висіваючого апарата, що забезпечує стабільну подачу насіння, зменшення його травмування та покращення агротехнічних показників посіву.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції удосконаленого висіваючого апарата зернової сівалки.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у розробці комплекту конструкторської документації на удосконалений висіваючий апарат, який може бути використаний під час модернізації існуючих зернових сівалок та створення нових зразків посівної техніки.

У загальному розділі проведено аналіз сучасних конструкцій висіваючих апаратів, розглянуто їх класифікацію, особливості роботи, переваги та недоліки, обґрунтовано напрям удосконалення конструкції.

У технологічному розділі виконано аналіз технологічності деталі «Клапан», розроблено технологічний процес її виготовлення, обґрунтовано вибір заготовки, схем базування та методів механічної обробки.

У конструкторському розділі запропоновано удосконалену конструкцію висіваючого апарата з чотирисекційною котушкою, виконано несхідні інженерні розрахунки та розроблено комплект конструкторської документації.

У розділі економіки, охорони праці та навколишнього середовища визначено економічну ефективність запропонованої конструкції, розроблено заходи щодо безпечної експлуатації машини та зменшення її впливу на довкілля.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		4

Практичні результати роботи – розроблено конструкцію висіваючого апарата, яка забезпечує підвищення рівномірності висіву насіння, зменшення пульсації насінневого потоку та покращення якості виконання посівних робіт.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати можуть бути використані на машинобудівних підприємствах та в аграрних господарствах при модернізації посівної техніки.

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

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 89,59%

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції висіваючого апарата зернової сівалки. Особливістю запропонованої конструкції є застосування чотирисекційної котушки із жолобками, виконаними у формі частини тора, що забезпечує більш рівномірну подачу насіння, зменшує його травмування та покращує агротехнічні показники посіву.

ВИСІВАЮЧИЙ АПАРАТ, ЗЕРНОВА СІВАЛКА, КОТУШКА, НАСІННЯ, ВИСІВ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОНСТРУКЦІЯ, РІВНОМІРНІСТЬ ВИСІВУ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of a grain drill seed metering device. The feature of the proposed design is the use of a four-section fluted roller with grooves made in the form of a torus segment, which ensures more uniform seed feeding, reduces seed damage and improves sowing quality indicators.

SEED METERING DEVICE, GRAIN DRILL, FLUTED ROLLER, SEEDS, SOWING, TECHNOLOGICAL PROCESS, DESIGN, SOWING UNIFORMITY, ECONOMIC EFFICIENCY, ENERGY SAVING.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		5

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ	9
1.1 Роль і значення висіваючих апаратів у технології посіву сільськогосподарських культур	9
1.2 Класифікація та розвиток конструкцій висіваючих апаратів	10
1.3 Аналіз існуючих конструкцій висіваючих апаратів	12
1.4 Основні недоліки існуючих висіваючих апаратів та шляхи їх усунення	15
1.5 Обґрунтування напрямку розробки висіваючого апарату	16
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	19
2.1 Аналіз технологічності деталі	19
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	22
2.3 Обробка поверхонь деталі	24
2.4 Розробка схем базування деталі	27
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	29
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	32
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ	36
3.1 Будова і принцип роботи розробленої конструкції	36
3.2 Конструктивні розрахунки висіваючого апарату	39
3.3 Силкові відношення в гвинтовій парі	35
3.4 Розрахунок на міцність гвинтової передачі	36
3.5 Технологія виготовлення і монтаж розробленої конструкції	37
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	49
ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	53
ДОДАТКИ	56

					КРБ.133ГМбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ			
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення конструкції висіваючого апарату	Лист.	Арк.	Аркушів
Розробив		Погрібняк С.О.				1	6	52
Перевішив		Харченко С.О.				ПДАУ, каф. МЕІ		
Н. Контр.		Харченко С.О.						
Керівник		Харченко С.О.						
Зав.кафедр		Попов С.В.						

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво висуває високі вимоги до якості виконання посівних робіт, оскільки саме від рівномірності розміщення насіння в ґрунті значною мірою залежить польова схожість, рівномірність розвитку рослин та майбутня врожайність культур. В умовах впровадження сучасних технологій вирощування зернових культур особливого значення набуває вдосконалення робочих органів посівних машин, які забезпечують точне дозування та різномірний розподіл насіння.

Одним із найважливіших вузлів зернової сіялки є висіваючий апарат. Саме він відповідає за дозовану подачу насіння з бункера до насіннепроводу та формування необхідної норми висіву. Недостатня рівномірність подачі насіння призводить до появи пропусків і загущень у рядках, що негативно впливає на використання площі живлення рослин і знижує врожайність [1].

Аналіз існуючих конструкцій показує, що найбільшого поширення у зернових сіялках набули котушкові ввісні апарати. Вони відзначаються простотою конструкції, надійністю та невисокою вартістю виготовлення. Разом із тим традиційні котушки не забезпечують достатньої рівномірності подачі насіння через пульсацію насінневого потоку, особливо при роботі на підвищених швидкостях.

Одним із перспективних напрямків удосконалення є застосування багатосекційних котушок із удосконаленою формою жолобків. Таке конструктивне рішення дозволить забезпечити більш плавне захоплення та подачу насіння, зменшити його травмування і покращити якість висіву.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції удосконаленого висіваючого апарата зернової

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

- провести аналіз сучасних конструкцій висіваючих апаратів;

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

- дослідити недолки існуючих технічних рішень та обґрунтувати напрям удосконалення.

- розробити конструкцію удосконаленого висівального апарата;
- виконати інженерні розрахунки основних елементів конструкції;
- розробити технологічний процес виготовлення деталі;
- визначити економічну ефективність запропонованої розробки;
- розробити заходи з охорони праці та навколишнього середовища.

Об'єктом дослідження є технологічний процес висіву насіння зернових культур.

Предметом дослідження є конструкція висівального апарата зернової сіялки.

Практичне значення роботи полягає у розробці удосконаленої конструкції висівального апарата, використання якої дозволить підвищити рівномірність висіву, зменшити втрати насіння та покращити якість виконання посівних робіт.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Роль і значення висіваючих апаратів у технології посіву сільськогосподарських культур

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без застосування високопродуктивних посівних машин, які забезпечують своєчасне та якісне виконання однієї з найважливіших технологічних операцій – висіву насіння. Саме від якості проведення посіву значною мірою залежить польова схожість культур, рівномірність розвитку рослин, їх продуктивність та кінцева врожайність. Навіть за використання високоякісного насіннєвого матеріалу та дотримання всіх агротехнічних вимог помилки під час висіву можуть призвести до значного зниження врожаю.

У процесі посіву необхідно забезпечити рівномірний розподіл насіння по площі поля, дотримання заданої норми висіву, необхідної глибини загортання та оптимальної густоти стояння рослин. Реалізація цих вимог покладається насамперед на висіваючий апарат, який є основним робочим органом будь-якої сівалки [1, 21].

Висіваючий апарат являє собою пристрій, призначений для дозованої подачі насіння із насіннєвого бункера до насіннепроводу або безпосередньо до сошника. Від точності його роботи залежить стабільність норми висіву, рівномірність розподілу насіння в рядку та ефективність використання посівного матеріалу.

У сучасних умовах аграрне виробництво висуває дедалі жорсткіші вимоги до посівної техніки. Це пов'язано із впровадженням технологій точного землеробства, використанням дорогого гібридного насіння, необхідністю скорочення витрат матеріальних ресурсів та підвищення продуктивності праці. Особливо це стосується просапних культур, таких як кукурудза, соняшник, соя

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

та цукрові буряки, де навіть незначні відхилення від заданого кроку висіву можуть спричинити помітне зниження врожайності.

Важливою характеристикою роботи висівального апарата є рівномірність подачі насіння. При нерівномірному висіві виникають пропуски та двійники, що призводить до нерівномірного розміщення рослин у рядку. У місцях загушення посівів між рослинами виникає конкуренція за вологу, поживні речовини та сонячне світло, тоді як у місцях пропусків частина площі залишається невикористаною [21,23].

Одночасно з цим висівальний апарат повинен забезпечувати дбайливе поводження з насінням. Пошкодження насінневої оболонки під час проходження через робочі органи негативно впливає на схожість та енергію проростання, що особливо важливо при висіві насіння високих репродукцій.

У зв'язку з постійним підвищенням швидкостей роботи сучасних посівних агрегатів проблема забезпечення якісного висіву набуває ще більшої актуальності. Якщо раніше робочі швидкості сівалок становили 6–8 км/год, то сучасні машини здатні працювати зі швидкістю 12–18 км/год без погіршення якості посіву. Для цього необхідне вдосконалення конструкції висівальних апаратів та застосування нових технічних рішень [21].

Таким чином, висівальний апарат є одним із найвідповідальніших вузлів посівної машини, від якого безпосередньо залежить ефективність усього технологічного процесу посіву. Тому питання удосконалення його конструкції залишається актуальним напрямом розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування.

1.2 Класифікація та розвиток конструкцій висівальних апаратів

Історичний розвиток посівної техніки супроводжувався постійним удосконаленням конструкцій висівальних апаратів. Перші механічні сівалки використовували найпростіші пристрої для подачі насіння, які не забезпечували

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

достатньої точності дозування. З розвитком техніки виникла необхідність створення більш досконалих конструкцій, здатних працювати з різними культурами та забезпечувати стабільну норму висіву.

Залежно від способу дозування насіння висівні апарати поділяють на індивідуального, групового та централізованого дозування. Апарати індивідуального дозування забезпечують подачу насіння окремими порціями або поодинокими зернинами. Вони широко застосовуються в сівалках точного висіву для просяних культур. Групові апарати подають насіння певними порціями, а централізовані використовують один дозатор для одночасного забезпечення декількох висіваючих секцій [21, 24].

За типом дозувального механізму висівні апарати можуть бути механічними, пневматичними та пневмомеханічними. Механічні апарати здійснюють подачу насіння за допомогою рухомих робочих органів без використання повітряного потоку. Пневматичні конструкції використовують вакуум або надлишковий тиск для захоплення та транспортування насіння. Пневмомеханічні системи поєднують переваги двох попередніх типів.

За характером технологічного процесу висівні апарати поділяють на апарати безперервної та періодичної дії. У конструкціях безперервної дії насіння надходить до сівалки постійним потоком, тоді як у періодичних апаратах відбувається поштучна або порційна подача [26].

Подальший розвиток висіваючих апаратів відбувався у напрямку підвищення точності висіву, збільшення продуктивності та універсальності використання. Особливо інтенсивно цей процес спостерігається останніми десятиліттями у зв'язку із впровадженням електронних систем керування та технологій точного землеробства.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

1.3 Аналіз існуючих конструкцій висівальних апаратів

Висівальний апарат є одним із найважливіших робочих органів посівної машини, який забезпечує дозовану подачу насіння з насінневого бункера до насіннепроводу. Саме від його конструкції значною мірою залежить рівномірність розподілу насіння по площі живлення, дотримання встановленої норми висіву та кінцева врожайність сільськогосподарських культур.

У сучасному сільськогосподарському машинобудуванні застосовуються різні конструкції висівальних апаратів, які відрізняються принципом роботи, способом дозування насіння та конструктивним виконанням робочих органів. Найбільш поширеними є катушкові, катушково-штифтові, комірчасті, дискові, пневматичні та пневмомеханічні висівні апарати [23, 24, 26].

Найширшого застосування у зернових сіялках набули катушкові висівні апарати (рис. 1.1). Їх основним робочим органом є катушка з поздовжніми жолобками, яка під час обертання захоплює насіння та подає його до насіннепроводу. Такі апарати відзначаються простотою конструкції, надійністю в роботі, невисокою вартістю виготовлення та обслуговування. Крім того, вони можуть працювати з різними культурами без значної зміни конструкції.

Рисунок 1.1 – Схеми катушкового висівального апарата зернової сіялки

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

Разом із перевагами катушкові висівні апарати мають ряд недоліків. Основним з них є нерівномірність подачі насіння, яка виникає внаслідок циклічного заповнення та спорожнення жолобків катушки. У результаті формується імпульсний потік насіння, що призводить до нерівномірного його розподілу по довжині рядка. Особливо помітним цей недолік стає при збільшенні швидкості руху посівного агрегату.

Для покращення рівномірності висіву були розроблені катушково-штифтові висівні апарати. У таких конструкціях поряд із жолобками використовуються спеціальні штифти, які забезпечують більш стабільне переміщення насіння та зменшують ймовірність його зависання. Однак складніша конструкція збільшує вартість виготовлення та обслуговування апарата.

Певного поширення набули коміркові висівні апарати. Робочим органом таких пристроїв є барабан або диск із комірками, які заповнюються насінням і транспортують його до зони висіву. Вони забезпечують більш точне дозування насіння, однак чутливі до зміни розмірів та форми насіннєвого матеріалу, що обмежує сферу їх використання.

Для висіву просапних культур широко застосовуються дискові висівні апарати (рис.1.2). Насіння захоплюється отворами або комірками диска та транспортується до точки висіву. Такі конструкції забезпечують точне розміщення окремих насінин у рядку та дозволяють формувати заданий інтервал між рослинами. Недоліком є складніша конструкція та необхідність використання спеціальних висіваючих дисків для кожної культури.

Рисунок 1.2 – Дискові висівні апарати

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

Найбільш досконалими на сьогодні вважаються пневматичні висівні апарати (рис. 1.3). Їх робота базується на використанні вакууму або надлишкового тиску для захоплення та утримання насіння. Пневматичні системи забезпечують високу точність висіву та дозволяють працювати на підвищених швидкостях. Водночас вони характеризуються складністю конструкції, високою вартістю та потребують додаткових енергетичних витрат на привід вентилятора.

1 – опорно-приводне колесо; 2 – привід висіваючого апарата; 3 – насіннєвий бункер; 11 – сошник; 13 – висіваючий диск; 14 – вакуумна камера; 18 – скидач зайвих насінин; 19 – вентилятор; 20 – прикочувальне колесо

Рисунок 1.3 – Схема пневматичного дискового висіваючого апарата точного висіву

Аналіз існуючих конструкцій показує, що для зернових сівалок найбільш раціональними залишаються котушкові висівні апарати. Вони мають просту будову, високу надійність та добре пристосовані до висіву насіння зернових культур. Разом з тим основним їх недоліком є недостатня рівномірність подачі насіння.

З метою усунення зазначеного недоліку перспективним напрямком удосконалення є застосування секційних котушок. Поділ робочої поверхні котушки на окремі секції дозволяє зменшити пульсацію насіннєвого потоку та покращити рівномірність висіву. Особливий інтерес становлять конструкції з чотирисекційними котушками, секції яких зміщені одна відносно одної по

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

гвинтовій лінії. Таке технічне рішення забезпечує безперервніше надходження насіння до насіннепроводу та створює передумови для підвищення якості посіву.

Отже, проведений аналіз існуючих конструкцій висіваючих апаратів свідчить про доцільність подальшого вдосконалення саме котушкових систем шляхом застосування чотирисекційної котушки, що дозволить підвищити рівномірність висіву, зменшити дроблення насіння та покращити агротехнічні показники роботи зернової сівалки.

1.4 Основні недоліки існуючих висіваючих апаратів та шляхи їх усунення

Незважаючи на значну кількість конструктивних рішень жоден із існуючих висіваючих апаратів не можна вважати повністю досконалим. У процесі експлуатації виявляються різноманітні недоліки, які негативно впливають на якість висіву та ефективність використання посівної техніки.

Одним із найпоширеніших недоліків механічних висіваючих апаратів є нерівномірність подачі насіння. Причиною цього можуть бути коливання швидкості обертання висіваючого механізму, неоднорідність насінневого матеріалу та особливості конструкції робочих органів. У результаті виникають відхилення від заданої норми висіву, що призводить до нерівномірної густоти стояння рослин [1].

Іншою проблемою є травмування насіння під час його взаємодії з робочими органами висіваючого апарата. Особливо це стосується культур із крихкою оболонкою, для яких навіть незначні механічні пошкодження можуть суттєво знизити польову схожість.

Для пневматичних висіваючих апаратів характерною проблемою є складність забезпечення стабільного вакууму за змінних умов експлуатації. Коливання частоти обертання вентилятора, засмічення повітряних каналів або

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

зношування окремих елементів можуть призводити до погіршення якості відбору насіння.

Суттєвим недоліком багатьох висіваючих систем є залежність точності роботи від швидкості руху посівного агрегату. Зі збільшенням швидкості виникають додаткові динамічні навантаження, які можуть спричинити відхилення насіння від заданої траєкторії руху [26].

Для усунення зазначених недоліків сучасні конструктори застосовують різні технічні рішення. Зокрема, використовуються електронні системи контролю висіву, індивідуальні електроприводи висіваючих секцій, удосконалені форми висіваючих дисків та нові конструкції насіннепроводів.

Перспективним напрямом розвитку є використання адаптивних систем керування, які автоматично змінюють параметри роботи висіваючого апарату залежно від умов експлуатації. Це дозволяє підтримувати стабільну якість висіву незалежно від швидкості руху агрегату та фізико-механічних властивостей насіння.

Таким чином, подальше вдосконалення висіваючих апаратів повинно бути спрямоване на підвищення точності дозування, зменшення травмування насіння та забезпечення стабільної роботи в широкому діапазоні режимів.

1.5 Обґрунтування напрямку розробки висіваючого апарату

Підвищення ефективності виробництва зернових культур безпосередньо пов'язане із забезпеченням високої якості виконання посівних робіт. Однією з основних умов одержання дружних сходів та формування оптимальної густоти рослин є рівномірний розподіл насіння по довжині рядка при дотриманні заданої норми висіву. Вирішення цього завдання значною мірою залежить від конструкції висіваючого апарату, який є основним робочим органом зернової сівалки.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

Проведений аналіз існуючих конструкцій висіваючих апаратів показав, що найбільшого поширення в зернових сівалках набули катушкові висівні апарати. Вони відзначаються простотою конструкції, надійністю, невисокою вартістю виготовлення та обслуговування. Разом із тим традиційні катушки з прямими жолобками не забезпечують достатньої рівномірності подачі насіння. Під час їх роботи виникає пульсуючий потік насіннєвого матеріалу, що призводить до нерівномірного розміщення насіння в рядку, збільшення кількості пропусків і погіршення агротехнічних показників посіву.

Дослідження роботи катушкових висіваючих апаратів свідчать про те, що нерівномірність висіву зростає зі збільшенням робочої швидкості посівного апарату. Крім того, під час проходження насіння через робочу зону катушки можливе його часткове травмування, що негативно впливає на схожість і подальший розвиток рослин. У результаті цього знижується ефективність використання насіннєвого матеріалу та погіршуються умови формування врожаю.

Одним із перспективних шляхів удосконалення катушкових висіваючих апаратів є застосування секційних катушок. Поділ робочої частини катушки на окремі секції дозволяє зменшити нерівномірність подачі насіння та забезпечити більш стабільне формування насіннєвого потоку. Особливо ефективним є використання чотирисекційної катушки у якій окремі секції зміщені відносно одна одної по гвинтовій лінії.

При такому конструктивному виконанні процес захоплення та подачі насіння відбувається послідовно різними секціями катушки. Це забезпечує практично безперервний рух насіння до насіннепроводу та сприяє зменшенню коливань миттєвої подачі. У результаті покращується рівномірність розподілу насіння по довжині рядка, зменшується нестійкість загального висіву та підвищується якість виконання технологічного процесу посіву.

Для подальшого підвищення ефективності роботи висіваючого апарату доцільно застосувати жолобки, виконані у формі частини тора. Така форма

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

робочої поверхні забезпечує плавніше переміщення насіння, зменшує його ущільнення та механічні пошкодження. Крім того, покращується заповнення жолобків насіннєвим матеріалом, що позитивно впливає на стабільність дозування.

Запропонована конструкція не потребує складних додаткових механізмів та може бути реалізована на базі існуючих котушкових висівачих апаратів зернових сіялок. Це дає можливість зберегти простоту конструкції надійність роботи та технологічність виготовлення при одночасному підвищенні якісних показників висіву.

Висновок. На підставі проведеного аналізу існуючих конструкцій та особливостей технологічного процесу посіву обґрунтовано доцільність розробки висівачого апарата з чотирисекційною котушкою, жолобки якої виконані у формі частини тора. Реалізація такого технічного рішення дозволить підвищити рівномірність висіву насіння зернових культур, зменшити його травмування, забезпечити стабільність норми висіву та покращити техніко-економічні показники роботи зернової сіялки., пов'язані зі складністю будови, підвищеними енергетичними витратами та можливістю зниження точності роботи за змінних умов експлуатації. На підставі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність розробки удосконаленого висівачого апарата, який забезпечить підвищення якості посіву, зменшення втрат насіння та покращення техніко-економічних показників роботи посівної машини.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Клапан є відповідальною регулювальною деталлю висівачного апарата. Він забезпечує дозований прохід насіннєвого матеріалу і перекриття насіннєпроводу у заданих фазах роботи апарата. При обертанні клапан взаємодіє із зернами та внутрішньою поверхнею корпуса, тому до якості його робочих поверхонь ставляться підвищені вимоги. Матеріал деталі – сталь Ст3 за ДСТУ 2651:2005 [6]. Цей стандарт є чинним національним документом України і визначає хімічний склад та механічні властивості вуглецевих сталей звичайної якості. Сталь Ст3 містить 0,14–0,22 % вуглецю, межа міцності $\sigma_B = 370–490$ МПа, відносне подовження $\delta \geq 26$ %. Матеріал добре піддається штампуванню, гнуттю і механічній обробці різанням.

Рисунок 2.1 – Клапан висівачного апарата

За конфігурацією клапан є плоскою фігурною деталлю серповидібною форми з циліндричним вушком. Загальна довжина деталі – 95 мм (від центра отвору $\varnothing 17$ мм до кінця лопатки). Довідковий розмір 110 мм відповідає розгорнутій довжині деталі або відстані в складальному положенні. Загальна висота у зборі – 44 мм (за видом знизу). Вушко деталі має зовнішній радіус R15, що відповідає циліндричній частині діаметром $\varnothing 30$ мм. Отвір $\varnothing 17$ мм у вушку призначений для посадки на вісь або вал висівачного апарата.

					КРБ.133(М6д_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

Лопатка клапана має криволінійний профіль, що формується чотирма сполученими дугами: R19 (внутрішній малий радіус у зоні вушка), R65 і R87 (основні криволінійні поверхні лопатки). Кут нахилу кінця лопатки – 6°. Така форма забезпечує плавне переміщення насіннєвого матеріалу і мінімізує пошкодження насіння. Товщина заготовки (висота профілю в зоні вушка) визначається сумою радіусів $R15 + R19 = 34$ мм, що відповідає повному габариту перерізу деталі від нижньої точки вушка до верхньої точки внутрішнього сполучення. Розмір 11 мм на кресленку задає висоту виступу вушка над віссю отвору. Лопаткова частина має змінний профіль за висотою (від виду знизу видно ухил від максимальної висоти в зоні вушка до мінімальної на кінці лопатки).

Загальна шорсткість усіх поверхонь – Ra 6,3 мкм. На кресленку відсутні більш жорсткі вимоги до окремих поверхонь, тому Ra 6,3 мкм є вимогою для всіх оброблених поверхонь. Невказані граничні відхилення: для отворів – H14, для валів – h14, для інших розмірів – ±IT14/2 за ДСТУ ISO 2768-1:2001.

Кількісна оцінка технологічності за коефіцієнтом уніфікації:

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

де Q_y – кількість уніфікованих конструктивних елементів;

Q – загальна їх кількість.

Конструктивні елементи: криволінійні поверхні лопатки (R65, R87) – 2 шт.; радіус вушка R15 – 1 шт.; внутрішній радіус переходу R19 – 1 шт.; отвір $\varnothing 17$ мм – 1 шт.; плоскі торцеві поверхні (бічні) – 2 шт.; конічний кут 6° – 1 шт. Разом $Q = 8$, уніфікованих $Q_y = 7$:

$$K_y = \frac{7}{8} = 0,92$$

Коефіцієнт точності обробки:

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

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

					КРБ.133(М6д_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

Квалітети: отвір Ø17 мм – квалітет 14 (H14); всі криволінійні і плоскі поверхні – квалітет 14 ($\pm IT_{14/2}$). $A_{sp} = 14$ для всіх поверхонь:

$$K_y = 1 - \frac{1}{14} = 0,93.$$

Обидва коефіцієнти перевищують нормативні значення ($K_y \geq 0,6$; $K_T \geq 0,8$).

Деталь є технологічною. Криволінійний профіль лопатки формується вирубкою (штампуванням) у холодноштампувальному штампі або газо- чи плазмовим різанням за шаблоном. Отвір Ø17 мм пробивається у штампі або свердлиться. Плоскі бічні поверхні (торці товщиною 34 мм) не потребують механічної обробки, якщо деталь вирізається з листа точної товщини.

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь клапана

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	Кількість	Призначення
1	Отвір Ø17 мм у вушці (H14)	H14	6,3	1	Посадкова на вісь апарата
2	Зовн. поверхня вушка R15	14	6,3	1	Зовнішній контур вушка
3	Криволін. поверхня R65	14	6,3	1	Робоча поверхня лопатки
4	Криволін. поверхня R87	14	6,3	1	Зовнішня крива лопатки
5	Внутр. радіус R19 (перехід)	14	6,3	1	Перехід вушко-лопатка
6	Плоскі бічні торці (t=34 мм)	14	6,3	2	Бокові поверхні деталі
7	Кінцева ділянка лопатки (6°)	14	6,3	1	Робочий край клапана

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ

Арк.

21

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності клапана

Показник	Значення	Норматив
Коефіцієнт уніфікації K_u	0,88	$\geq 0,60$
Коефіцієнт точності K_t	0,93	$\geq 0,80$
Середній квалітет точності $A_{ср}$	14,0	–
Товщина заготовки, мм	34 (R15 + R19)	–
Маса деталі, кг	0,2	–
Метод отримання заготовки	Листоштампувальна вирубка або плазма	–
Висновок	Деталь технологічна	–

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення клапана побудований з урахуванням дрібносерійного характеру виробництва, характерного для підприємств, що виготовляють або ремонтують сільськогосподарські машини. Заготовка – листовий гарячекатаний прокат зі сталі Ст3 за ДСТУ 2651:2005, товщиною 34 мм. Товщина заготовки 34 мм визначається сумою R15 + R19 і відповідає габариту перерізу деталі у зоні вушка. Листовий прокат завтовшки 34 мм відповідає ДСТУ 4448:2005 на листовий сталевий прокат гарячекатаний.

Основний метод отримання заготовки при серійному виробництві – вирубка у штампі на кривоштанному або ексцентриковому пресі. Штамп забезпечує одночасне вирубання зовнішнього контуру (криволінійного профілю лопатки та вушка) і пробивання отвору $\varnothing 17$ мм. При одиничному або дрібносерійному виробництві контур вирізається газовим або плазмовим різанням за шаблоном, а отвір свердлиться. Шорсткість кромки після вирубки у штампі – Ra 3,2–6,3 мкм, що відповідає вимозі креслення Ra 6,3 мкм.

Після вирубки або газового різання виконується слюсарна зачистка: видалення задиринок, облою і гострих кромки. При газовому або плазмовому різанні зона термічного впливу (ЗТВ) шириною 1–3 мм потребує механічного видалення шліфуванням або фрезеруванням для відновлення пластичності матеріалу. Ця зона є більш крихкою і може стати джерелом тріщин при експлуатаційних навантаженнях.

Отвір Ø17 мм при штампуванні отримується пробиванням. Якість поверхні різку при пробиванні відповідає Ra 6,3 мкм без додаткової обробки. При одиничному виробництві отвір свердлиться свердлом Ø16,5 мм і розсвердлюється до Ø17 мм або свердлиться одразу свердлом Ø17 мм з попереднім centruванням.

Бічні плоскі поверхні клапана (товщина 34 мм) не обробляються механічно – поверхня прокату після прокатки відповідає Ra 6,3–12,5 мкм. Якщо шорсткість прокату не задовольняє вимогу Ra 6,3 мкм, виконується шліфування або фрезерування бічних поверхонь. Для Ст3 товщиною 34 мм із нормального прокату шорсткість поверхні зазвичай знаходиться в межах Ra 6,3–10 мкм, тому зачистки достатньо.

Основним недоліком діючого процесу є застосування газового різання для вирізання креселінійного профілю в умовах малих серій. Ширина різку при газовому різанні (2–3 мм) і похибка ведення пальника по шаблону ($\pm 1-2$ мм) потребують збільшеного припуску і наступного шліфування контуру. Застосування плазмового різання з ЧПК суттєво підвищує точність і зменшує припуск.

Таблиця 2.3 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення клапана

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
005	Заготівельна (розкрій листа)	Гільйотинні ножиці Н3316	1	Лист Ст3, $t=34$ мм
010	Розмічальна (осі, контур)	Розмічальна плита	1	За шаблоном або кресленням

Оп.	Назва операції	Обладнання	Уст.	Примітка
015	Вирубна (контур і отвір Ø17)	Прес К3540 або плазма	1	Вирубний штамп або плазма+ЧПК
020	Слюсарна (зачистка кромки)	Верстак. шліф. машина	–	Задирина, облій, ЗТВ (при газовому різ.)
025	Шліфувальна (контур до Ra 6,3)	Стрічковий шліф. MC225	1	Профільне шліфування по контуру
030	Свердлильна (Ø17 при необх.)	Верт.-свердл. 2Н135	1	При виробн. без штампа
035	Контрольна	Контрол. плита	–	Розміри, Ra 6,3, контур

Таблиця 2.4 – Порівняння методів отримання заготовки клапана

Критерій	Вирубка у штампі	Плазмове різання з ЧПК
Точність контуру	±0,1–0,3 мм	±0,2–0,5 мм
Шорсткість кромки	Ra 3,2–6,3 мкм	Ra 6,3–12,5 мкм (ЗТВ)
Продуктивність	Висока (серійне вир-во)	Середня (дрібносерійне)
Вартість оснащення	Висока (штамп)	Низька (програма ЧПК)
Потреба в зачистці	Мінімальна	Обов'язкова (ЗТВ)
Рекомендація	При партіях > 50 шт.	При партіях < 50 шт.

2.3 Обробка поверхонь

Клапан є листовою фігурною деталлю, тому характер обробки поверхонь суттєво відрізняється від обробки деталей тіл обертання. Основне формоутворення виконується методами листового штампування (вирубка,

пробивання), а механічна обробка різанням обмежена шліфуванням контуру і обробкою отвору Ø17 мм. Матеріал Ст3 добре піддається всім цим операціям.

Вирубка зовнішнього контуру клапана у штампі є основною формоутворювальною операцією. Криволінійний профіль лопатки (R65, R87) і вушко (R15) формуються за один хід пресу. Зусилля вирубки для листа завтовшки 34 мм зі сталі Ст3:

$$P = L \cdot s \cdot \tau_{зр}$$

де L – периметр вирубки, мм;

$s = 34$ мм – товщина листа;

$\tau_{зр} = 0,8 \cdot \sigma_{в} = 0,8 \cdot 370 = 296$ МПа – опір зрізу для Ст3.

Периметр вирубки орієнтовно: $L \approx 2 \cdot \pi \cdot 15$ (вушко) + довжина криволінійного контуру лопатки $\approx 94 + 290 = 384$ мм:

$$P = 384 \cdot 34 \cdot 296 \approx 3\,865\,000 \text{ Н} \approx 3\,865 \text{ кН}$$

Для пресу з таким зусиллям необхідний прес зусиллям не менше 4000 кН (наприклад, КД2538-Б, 4000 кН або К3540, 6300 кН). Для листа товщиною 34 мм холодна вирубка є енергоємною, тому в дрібносерійному виробництві перевага надається плазмовому або лазерному різанню за програмою ЧПК, де зусилля не потрібне – деталь вирізається термічним способом.

Пробивання отвору Ø17 мм у вушко виконується одночасно з вирубкою контуру в тому самому штампі або окремо. Зусилля пробивання:

$$P_{отв} = \pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_{зр} = \pi \cdot 17 \cdot 34 \cdot 296 \approx 537\,000 \text{ Н} \approx 537 \text{ кН}$$

Якість поверхні отвору після пробивання – Ra 6,3 мкм, що відповідає вимозі кресленика. При свердлінні отвір свердлиться двостадійно: центрування центровочним свердлом Ø5 мм і свердління Ø17 мм (або Ø16 мм і розсвердлювання до Ø17 мм) [17].

Зачистка кромek і профільне шліфування контуру. Після вирубки або газового різання всі кромки мають задиринок і облії. Зачистка виконується зачисною машиною (болгаркою) або на стрічковому шліфувальному верстаті МС225. Шліфування контуру до Ra 6,3 мкм виконується гнучким абразивним

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

полотном зернистістю Р120–Р240. При штампуванні контур після вирубки вже має Ra 3,2–6,3 мкм і не потребує профільного шліфування.

Бічні плоскі поверхні (товщина листа 34 мм Ra 6,3 мкм) формуються прокаткою і відповідають вимозі Ra 6,3 мкм без додаткової обробки при використанні листового прокату підвищеної точності або після легкої зачистки наждачним полотном Р160–Р240.

Загостреність кінця лопатки (кут 6°) формується при вирубці за профілем штампа або долатково заточується на шліфувальному верстаті. Гострий кут 6° забезпечує м'якший вхід робочої кромки клапана в насінний потік без різкого удару. При штампуванні цей кут формується безпосередньо матрицею.

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь клапана

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	К-ть перех.	Метод формоутворення
1	Зовн. контур (R15, R65, R87)	14	6,3	1–2	Вирубка у штампі або плазма+шліф.
2	Свірів Ø17 мм (H14)	H14	6,3	1–2	Пробивання у штампі або свердл. Ø17
3	Внутр. радіус R19 (перекід)	14	6,3	1	Вирубка за профілем штампа
4	Бічні плоскі торці (t=34 мм)	14	6,3	0–1	Прокат (зачистка наждачним Р240)
5	Кінцева ділянка 6°	14	6,3	1	Вирубка або шліфування кута
6	Кромки по контуру	14	6,3	1	Зачистка болгаркою, стрічк. шліф.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ

Арк.

26

Таблиця 2.6 – Режими обробки поверхонь клапана зі сталі Ст3

Вид обробки	Інструмент	V або n	S, мм/об або подача	t, мм	ЗОР	Ra, мкм
Вирубка (штамп)	Пуансон/матриця	30 об/хід/хв	–	34 (лист)	Мастило	3,2–6,3
Плазмове різання	Плазм. різак ЧПК	15–25 мм/хв		34	Без ЗОР	6,3–12,5
Свердлення Ø17 мм	P6M5 Ø17	V=18–22 м/хв	0,20–0,30 мм/об		Емульсія	12,5
Шліфув. контуру (стрічк.)	Полотно P120–P240	V=20–25 м/с	Ручна подача	0,1–0,3	Без ЗОР	6,3

2.4 Розробка схем базування деталі

Клапан є плоскою фігурною деталлю (товщина заготовки 34 мм, довжина 95 мм). Базування такої деталі відрізняється від базування масивних тіл обертання або корпусних деталей. Основними технологічними базами служать плоскі бічні поверхні листа і отвір Ø17 мм (після його виготовлення).

На операції вирубки у штампі деталь базується вихідним листовим прокатом. Лист укладається на плиту матриці – настановна база (три точки, 3 ступені вільності). Бічний упор листа – напрямна база (2 ступені). Переднє тягочий пристрій або задній упор для кроку подачі – шостий ступінь. При вирубці одного виробу за хід пресу бічний і задній упори точно визначають положення вирубці відносно краю листа. Похибка положення отвору відносно контуру залежить від точності суміщення пуансонів у комбінованому штампі.

При плазмовому або газовому різанні за ЧПК деталь фіксується на плиті магнітним або механічним затискачем. Базування – по нижній плоскій поверхні (настановна, 3 ступені). Різання виконується по координатах програми без

додакового фіксування по бічних поверхнях. Похибка позиціонування плазмового різання з ЧПК – ±0,2–0,5 мм, що достатньо для якості 14.

На шліфувальній операції (зачистка контуру) деталь затискається в лещатах або на магнітній плиті. Настановна база – плоска бічна поверхня (по листу, 3 ступені). Напрямна база – отвір Ø17 мм на оправці або пальці (2 ступені). Шостий ступінь – упор у торець вушка. Ця схема «плита + отвір» є оптимальною для плоских фігурних деталей.

На свердлильній операції (отвір Ø17 мм при виробництві без штамп) деталь базується по плоскій поверхні на плиту (3 ступені) і по розмічених осях. Центрування виконується за розміткою або через кондукторну втулку у кондукторі. Похибка базування при свердлінні по розмітці – до 0,5 мм, що є допустимим для Н14.

Похибка базування в схемі «плита + палець в Ø17 мм» для шліфувальної операції:

$$\varepsilon_6 = 0,5 \cdot (D_{отв_max} - d_{пальця_min}) = 0,5 \cdot (17,43 - 17,00) = 0,22 \text{ мм}$$

де $D_{отв_max} = 17 + 0,43 = 17,43$ мм (отвір Н14 при Ø17 – допуск +0,43/0 мм за ДСТУ ISO 286-1:2002);

$d_{пальця_min} = 17,00$ мм (палець h14, нижнє відхилення 0). Значення 0,22 мм є допустимим для 14-го якості.

Таблиця 2.7 – Схеми базування клапана по операціях

Оп.	Операція	Настановна база (3 ст.)	Напрямна база (2 ст.)	Опорна база (1 ст.)
015 (штамп)	Вирубка у штампі	Нижня пов. листа (матриця)	Бічний упор листа	Задній упор (крюк подачі)
015 (плазма)	Плазмове різання	Нижня пов. листа (плита)	Магнітний або мех. затискач	Програма ЧПК (нема мех. опори)
025 (шліф.)	Шліф. контуру	Бічна пов. листа (магн. плита)	Отвір Ø17 на оправці (2 ст.)	Торець вушка (упор)
030 (свердл.)	Свердлення Ø17	Нижня пов. листа (плита)	Розмітка або кондуктор	Бічна поверхня вушка

Таблиця 2.8 – Аналіз похибок базування по операціях

Оп.	Операція	Причина похибки базування	εб, мм	Допустиме відхилення
015	Вирубка (штамп)	Зазор між ударом і листом	≤ 0,3	±IT14/2 = ±0,43 (Ø17)
015	Плазмове різання	Точність ЧПК і теплова деформація	0,2–0,5	±IT14/2 (квалітет 14)
025	Шліфування контуру	Зазор оправки в отворі H14	0,2	±0,43 (H14, Ø17)
030	Свердління Ø17 по розмітці	Точність розмічання	0,3–0,5	±0,43 (H14, Ø17)

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення клапана розроблений з урахуванням двох варіантів виробництва: серійного (з використанням вирубного штампа) і дрібносерійного або одиничного (з плазмовим або газовим різанням). Принцип побудови маршруту однаковий для обох варіантів: спочатку – розкрій листа, потім – формування контуру і отвору, далі – зачистка і контроль.

Операція 005 – Заготівельна. Розкрій листового прокату Ст3 ДСТУ 2651:2005, товщина 34 мм, на смуги розміром 120×300 мм (або за картою розкрою) на гільйотинних ножицях КЗ-16. Мета – підготувати заготовку зручного розміру для подачі у штамп або на стіл плазмового верстата. При серійному виробництві розробляється карта розкрою для мінімізації відходів.

Операція 010 – Розмічальна (для дрібносерійного виробництва). На розмічальній плиті рейсмасом і кутиком наносяться зріз отвору Ø17 мм і контрольні лінії для налаштування. При серійному виробництві з штампом ця операція виключається – деталь позиціонується упорами штампа.

Операція 015 – Основна формоутворювальна. Варіант А (серійний): вирубка контуру і пробивання отвору Ø17 мм у комбінованому штампі за один хід преса К3540 (зусилля 6300 кН) або еквівалентного пресу зусиллям не менше

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

4000 кН. Після вирубки деталь виштовхується з матриці знімачем. Кількість деталей за хід – 1 шт. Варіант Б (дрібносерійний) плазмове різання за програмою ЧПК за файлом DXF з AutoCAD. Отвір Ø17 мм вирізається тим же різакром або свердлиється окремо.

Операція 020 – Зачистка кромки. Для варіанта А: зачистка задиринок і облою болгаркою або зачисним кругом по всьому периметру. Для варіанта Б: видалення зони термічного впливу (ЗТВ) шириною 1-3 мм шліфуванням по контуру – це обов'язковий крок, оскільки ЗТВ при плазмовому різанні має підвищену крихкість. Обробка виконується на стрічковому шліфувальному верстаті МС225 або ручною шліфмашиною.

Операція 025 – Шліфування контуру до Ra 6,3 мкм (при необхідності). При вирубці у штампі ця операція виконується тільки при наявності зовнішніх дефектів або задиринок після вирубки, що перевищують Ra 6,3 мкм. При плазмовому різанні – обов'язково. Деталь базується на магнітній плиті по бічній поверхні і фіксується на оправці через отвір Ø17 мм. Шліфування виконується гнучким абразивним полотном Р120-Р240 по всьому профілю.

Операція 030 – Свердлильна (лише при варіанті Б, якщо отвір не вирізано плазмою). На верстаті 2Н125 з попереднім центруванням і свердлильним свердлом Ø17 мм Р6М5 виготовляється отвір. Базування – по плоскій поверхні на плиту з упором по розмітці або кондуктором. Контроль – калібром-пробкою Ø17Н14.

Операція 035 – Слюсарна фінішна. Зачистка рештки задиринок і гострих кромки по всьому контуру деталі напильником або наждачним полотном Р240. Пригуплення кромки кута 6° до радіуса 0,5-1,0 мм. Промивання або продувка деталі.

Операція 040 – Контрольна. Перевірка: розмірів 95, 44 мм, 11 мм (висота виступу вушка) товщини 34 мм штангенциркулем; отвору Ø17 мм пробкою Г14; радіусів R15, R62, R87 шаблоном; шорсткості Ra 6,3 мкм поверхні лопатки профілометром або зразками шорсткості; відсутності тріщин, задиринок і деформацій. При серійному виробництві контроль 100 % для перших 5 деталей нової партії, потім вибірково (10 % від партії).

					КРБ.133(М6д_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		30

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення клапана (порівняння варіантів)

Оп.	Бар.	Зміст (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
005	А,Б	Розкрій листа $t=34$ мм на смуги 120×300	Ножиці H3316	Упори	Ножі гільйотинні
010	Б	Розмітка осі $\varnothing 17$ мм і контрольних ліній	Розміч. плита	Рейсмас, кутник	Рейсмас, кернер
015 А	А	Вирубка контуру + пробивання $\varnothing 17$ за 1 хід	Прес К3540	Комб. глибокий штамп	Пуансон+матриця
015 Б	Б	Плазмове різання контуру за файлом БХФ	Плазм. Нурерthem ЧПК	Магн. або мех. затискач	Плазмовий різак
020 А	А	Зачистка облігів і задиринок по контуру	Верстак, болгарка	-	Зачисний круг
020 Б	Б	Биталення ЗТВ шліфуванням по контуру	Стриж. шліф. МС225	Магн. плита+оправка $\varnothing 17$	Полотно Р120-Р240
025 А	А	Шліф. контуру до Ra 6,3 (при наявності деф.)	МС225 або шліфмашина	Магн. плита+оправка	Полотно Р120-Р240
025 Б	Б	Шліф. контуру до Ra 6,3 (суб'єктивно)	МС225 або шліфмашина	Магн. плита+оправка	Полотно Р120-Р240
030 Б	Б	Центр. і свердл. $\varnothing 17$ мм (якщо не вирізані)	Верт.-свердл. 2Н135	Плита, упори	Свердло Р6М5 $\varnothing 17$
035	А,Б	Зачистка гострих кромки, промивання	Верстак		Напилки, полотно Р240
040	А,Б	Контроль: 95, 44, 11, 34 мм; $\varnothing 17$ Н14 Ra; контур	Контроль плита	Шаблони Р	Штанг., пробка, профілометр

Таблиця 2.10 – Різальний інструмент і оснащення для виготовлення клапана

№	Інструмент / оснащення	Матеріал / марка	Стандарт	Операція
1	Штамп вирубний комбінований	Сталь Х12МФ (матриця, пуансон)	ТУ виробника	015А
2	Плазмовий різак	Hypertherm або аналог		015Б
3	Свердло спіральне Ø17 мм	P6M5	ДСТУ ISO 235	030Б
4	Абразивне полотно Р120–Р240	Електрокорунд 24А	ДСТУ ГОСТ 15344:2009	020Б, 025А, 025Б
5	Зачисний круг Ø125 мм	24А зерн. 40	ДСТУ ГОСТ 2424:2009	020А
6	Шаблон контуру R15, R65, R87	Сталь 65Г, t=2 мм	ТУ виробника	040 (контроль)

2.3. Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Розрахунок припусків для клапана суттєво відрізняється від розрахунку для деталей тіл обертання, виготовлених з прокату. Клапан є листоштампованою (або вирізаною з листа) деталлю, тому основним «припуском» є різниця між розміром листа-заготовки і розміром готової деталі по контуру та отвору. Товщина листа 34 мм відповідає товщині готової деталі без обробки бічних поверхонь.

Припуск по контуру. При вирубці у штампі або плазмовому різанні заготовка вирізається з листа за зовнішнім контуром деталі. Геометрично припуск по контуру дорівнює нулю – деталь отримує кільцевий контур в операції вирубки. Однак на практиці при штампуванні призначається технологічний допуск на положення деталі у штампі, а при плазмовому різанні – ширина різку і похибка

ведення різачка. Мінімальний припуск на шліфування контуру після плазмового різання (для видалення ЗТВ).

$$Z_{\text{конт}} = b_{\text{ЗТВ}} + Rz_{\text{плазма}} = 2,5 + 0,5 = 3,0 \text{ мм}$$

де $b_{\text{ЗТВ}} = 2,5$ мм – ширина зони термічного впливу при плазмовому різанні листа $t = 34$ мм (Ст3);

$$Rz_{\text{плазма}} = 0,5 \text{ мм} - \text{висота нерівностей після плазмового різання.}$$

Отже, розмір заготовки по контуру при плазмовому різанні більший за готовий на 3 мм:

$$L_{\text{заг}} = L_{\text{дет}} + Z_{\text{конт}} = 95 + 3 = 98 \text{ мм (по довжині),}$$

$$H_{\text{заг}} = H_{\text{дет}} + 2 \cdot Z_{\text{конт}} = 44 + 2 \cdot 3 = 50 \text{ мм (по ширині з двох сторін)}$$

При штампуванні припуск по контуру мінімальний (0,3–0,5 мм на шліфування задири). Розмір заготовки по контуру збігається з розміром деталі з урахуванням допуску штампів.

Припуск по товщині. Деталь виготовляється з листа товщиною 34 мм, що відповідає габаритному розміру перерізу деталі. Допуск на товщину листового прокату за ДСТУ 4418:2005 [6] (гарячекатаний лист нормальної точності, товщина 34 мм) – $\pm 0,6$ мм. Оскільки вимога дресленика – $\pm IT14/2$ на невказані лінійні розміри, допуск $IT14$ для розміру 34 мм = 0,620 мм. Тому $\pm IT14/2 = \pm 0,31$ мм – жорсткіше за допуск прокату $\pm 0,6$ мм. У зв'язку з цим при необхідності точного виконання товщини 34 мм обидві поверхні шліфуються до досягнення заданого допуску.

Мінімальний припуск на шліфування бічних поверхонь (одна сторона):

$$Z_{\text{бічн}} = Rz_{\text{прокат}} + h_{\text{прокат}} + \rho + \varepsilon,$$

$$Z_{\text{бічн}} = 63 + 100 + 50 + 50 = 263 \text{ мкм} \approx 0,3 \text{ мм}$$

де $Rz_{\text{прокат}} = 63$ мкм (Ra 6,3 мкм – шорсткість поверхні гарячекатаного прокату);

$$h_{\text{прокат}} = 100 \text{ мкм (дефектний шар прокату)};$$

$$\rho = 50 \text{ мкм (жолоблення листа)};$$

$$\varepsilon = 50 \text{ мкм (похибка установки).}$$

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

Якщо шорсткість прокату вже відповідає Ra 6,3 мкм (нормальний прокат), шліфування бічних поверхонь не потрібне. Якщо товщина не вкладається в допуск $\pm 0,31$ мм, виконується шліфування по 1,0 мм з кожного боку:

$t_{\text{заг}} = 34 + 2 \cdot 1,0 = 36$ мм \rightarrow виобрається стандартна товщина листа 36 мм і виконується шліфування до 34 мм.

Розрахунок параметрів пробивання отвору $\varnothing 17$ мм. Зазор між пуансоном і матрицею:

$z_{\text{одн}} = (0,06 - 0,08) \cdot s = 0,07 \cdot 34 = 2,38$ мм (двостороннє), $z_{\text{одностор}} = 1,19$ мм

Розміри інструменту для пробивання отвору $\varnothing 17$ мм (за методом пробивання, пуансон виготовляється за номінальним розміром):

$$d_{\text{пуансона}} = d_{\text{отвору}} - \delta_n = 17,03 - 0,02 = 16,98 \text{ мм.}$$

$$d_{\text{матриці}} = d_{\text{пуансона}} + 2 \cdot z_{\text{одн}} = 16,98 + 2,38 = 19,36 \text{ мм}$$

Допуск на отвір $\varnothing 17$ H14 за ДСТУ ISO 286-1:2002 – $+0,430/0$ мм. Пробитий отвір при правильному зазорі матиме діаметр, близький до діаметра пуансона (16,98 мм), з пружним відтиском матеріалу до 17,0–17,1 мм, що вкладається в допуск H14.

Таблиця 2.11 – Припуски на обробку клапана по поверхнях

Поверхня	Варіант ТП	Z _{мін} , мм	Прийнятий Z, мм	Розмір заготовки
Контур (довжина 95 мм)	Штамп	0,1–0,3	0,3 (зачистка)	95,3 мм (на смузі)
Контур (довжина 95 мм)	Плазма	3,0 (ЗТВ)	3,0 (шліф. ЗТВ)	98 мм (DXF програма)
Висота 44 мм (при плазмі)	Плазма	3,0 (з 2 боків)	2×3,0 = 6,0 мм	50 мм (DXF програма)
Товщина 34 мм (бічні пов.)	Обидва	0,3/бік (шліф.)	0,3/бік	Лист t=36 мм \rightarrow шліф до 34
Отвір $\varnothing 17$ мм (H14)	Штамп	–	–	Пуансон $\varnothing 16,98$, матр. $\varnothing 19,36$

Поверхня	Варіант ТП	Zmin, мм	Прийнятий Z, мм	Розмір заготовки
Отвір Ø17 мм (H14)	Свердлення	–	–	Свердло Ø17 мм

Таблиця 2.12 – Параметри штампів для пробивання отвору Ø17H14

Параметр	Формула	Значення	Примітка
Товщина листа s	–	34 мм	Ст3, ДСТУ 2651:2005
Зазор двосторонній z	$0,07 \cdot s$	2,38 мм	6–8 % від товщини
Зазор односторонній z_одн	$z / 2$	1,19 мм	–
Діаметр пуансона d_п	$d - \delta_п$	16,98 мм (-0,02)	δп – допуск виготовл. пуансона
Діаметр матриці d_м	$d_п + 2 \cdot z_{одн}$	19,36 мм (+0,03)	–
Допуск отвору Ø17H14	ДСТУ ISO 286-1:2002	+0,430 / 0 мм	Пробитий отвір ≈ Ø17,0–17,1
Зусилля пробивання P_отв	$\pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_{зр}$	≈ 537 кН	τзр = 296 МПа для Ст3

Виконані розрахунки підтверджують, що призначені технологічні допуски забезпечують видалення дефектного шару та зони термічного впливу (при лазерному різанні) і досягнення шорсткості Ra 6,3 мкм на всіх поверхнях клапана. При серійному виробництві штамп забезпечує точність контуру ±0,3 мм без шліфування. Розміри штампів для пробивання отвору Ø17H14 розраховані за методом пробивання. Нормативна база: ДСТУ 2651:2005 (матеріал), ДСТУ ISO 286-1:2002 (допуски) [14], ДСТУ ISO 2768-1:2001 (невказані відхилення), ДСТУ 4448:2005 (листовий прокат).

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Будава і принцип роботи розробленої конструкції

Проаналізувавши роботу висіваючих апаратів катушкового типу, можна встановити, що всі вони мають при роботі катушки активний шар насіння, при цьому товщина активного шару непостійна і залежить від сил внутрішнього тертя між насінням, окружної швидкості ребер катушки, виду насіння, тому висів насіння стандартною катушкою пульсуюче-порційний, через що різко знижується рівномірність розподілу насіння площею посіву, ускладнюється встановлення малих норм висіву. Все це веде до зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Розроблена конструкція висіваючого апарату для посіву зернових культур з чотирисекційною катушкою (рис. 3.1), жолобки якої виконані у формі частини тора включає насінневу коробку 1 з розеткою 2, встановлену на валу 3 чотирьохсекційної катушки 4 з жолобками, напрямник насіння в нижню частину насінневої коробки 1, муфту 5 з ребром і клапаном 6, при цьому жолобки секційної катушки 4 мають форму частини поверхні обертання Π тора T , при цьому радіус R утворюючої кола тора дорівнює 7,1 мм, при цьому на валу 3 чотирьохсекційної катушки 4 між секціями чотирьохсекційної катушки 4 і по торцях чотирьохсекційної катушки 4 встановлені розділові диски 7, при цьому посадочні отвори розділових дисків 7 на валу 3 чотирьохсекційної катушки 4 виконані з розмірами рівними розмірам валу 3 чотирьохсекційної катушки 4, при цьому осі симетрії розділових дисків 7 збігаються з віссю симетрії чотирьохсекційної катушки 4, при цьому діаметр розділових дисків 7 дорівнює діаметру чотирьохсекційної катушки 4, при цьому товщина кожного роздільного диска 7 дорівнює 0,5 мм., при цьому загальна довжина чотирьохсекційної катушки 4 разом з роздільними дисками 7 дорівнює довжині стандартної катушки з жолобками, при цьому розетка 2 насінневої коробки 1 виконана у вигляді

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

1 – насіннева коробка; 2 – розетка; 3 – вал; 4 – катушка; 5 – муфта; 6 – клапан;
7 – розділові диски; П – частина поверхні обертання тора

Рисунок 3.1 – Конструктивно-технологічна схема висіву насіння зернових культур розробленим висіваючим апаратом

судинного диска з отвором для установки розетки на вал 3 чотирьохсекційної катушки 4, при цьому секції чотирьохсекційної катушки та розділові диски 7 виконані з полімерного матеріалу як єдине ціле.

З насінневого ящика насіння самопливом надходить у насінневу коробку і висіваючого апарату і заповнюють простір навколо чотирьохсекційної катушки 4 з жолобками. При обертанні чотирьохсекційної катушки 4 з жолобками, насіння загалом в жолобки катушки 4, переміщуються в нижню частину насінневої коробки 1 і скидаються з клапана 6 у лійку насіннеспроводу (не показано) плавним без пульсації потоком насіння, при строгому дотриманні основних критеріїв якісних показників роботи висіваючого апарату: нерівномірності загального висіву насіння та нерівномірності розподілу насіння по довжині рядка, а також травмування насіння, завдяки тому, що робоча частина чотирьохсекційної катушки 4 розділена на чотири частини розділовими дисками 7 встановленими між секціями катушки 4 і по торцях чотирьохсекційної катушки

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

4, при цьому посадкові місця розділових дисків 7 на вал 3 чотирьохсекційної катушки 4 виконані з розмірами, що дорівнюють розмірам валу 3 чотирьохсекційної катушки 4, при цьому осі симетрії розділових дисків 7 збігаються з віссю чотирьохсекційної симетрії катушки 4, при цьому діаметр розділових дисків 7 дорівнює діаметру чотирьохсекційної катушки 4, при цьому товщина кожного розділового диска 7 дорівнює 0,5 мм, при цьому загальна довжина чотирьохсекційної катушки 4 дорівнює довжині стандартної катушки з жолобками.

Так саме встановлення розділових дисків 7 позначиться на кращому заповненні насінням жолобків секційної катушки, що призведе до зниження нерівномірності загального висіву насіння висівачим апаратом і зниженню нерівномірності розподілу насіння по площі розсіву, при цьому жолобки секційної катушки мають форму частини поверхні обертання П тора. 1 (рис.3.1), що також сприяє кращому заповненню насінням жолобків секційної катушки.

Крім того, встановлення розділених дисків виконаних і виконаних жолобків чотирисекційної катушки у формі тора, повністю виключає сход насіння з робочих поверхонь ребер секційної катушки, що дозволить отримати висів насіння секційної катушки з жолобками без гульсації їх висіву, при цьому домогтися нижчої нерівномірності загального висіву насіння та зниження нерівномірності розподілу насіння за площею розсіву.

Суттєве збільшення робочого об'єкту чотирьохсекційної катушки з жолобками виконаних у формі тора дозволить при висіві насіння з заданою нормою при максимальній робочій частині чотирьохсекційної катушки з жолобками суттєво знизити частоту обертання чотирьохсекційної катушки з жолобками, що так само суттєво призведе до зниження нерівномірності загального висіву насіння та зниження нерівномірності висіву по площі розсіву, а також до зниження травмування насіння, за рахунок виключення сходу насіння з секційної катушки та попадання їх у зазор між торцем секційної катушки та розеткою.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

Таким чином установка розділових дисків та виконання жолобків чотирьохсекційної катушки у формі тора дозволить досягти більш низької нерівномірності загального висіву насіння, а також нижчої нерівномірності розподілу насіння по площі розсіву, при зниженні травмування насіння та витрати насіння на одиницю площі. Все це підвищує якість посіву насіння, врожайність культури та знижує собівартість продукції.

3.2 Конструктивні розрахунки висівального апарату

Вихідні дані

Для розрахунку приймаємо:

Норма висіву зернової культури: $Q = 220$ кг/га

Ширина міжряддя: $b = 0,15$ м

Робоча швидкість сівалки: $v = 8$ км/год = 2,22 м/с

Діаметр катушки: $D = 45$ мм = 0,045 м

Довжина робочої частини катушки: $L = 35$ мм = 0,035 м

Кількість секцій катушки: $z_c = 4$

Кількість жолобків на одній секції: $z = 8$

Загальна кількість жолобків: $z\Sigma = 4 \cdot 8 = 32$

Насивна густина насіння пшениці: $\rho = 760$ кг/м³

Розрахунок подачі насіння одним висівальним апаратом:

Площа, що обробляється одним сівалником за одну секунду:

$$F = b \cdot v \cdot T, \quad (3.1)$$

$$F = 0,15 \cdot 2,22 = 0,333 \text{ м}^2$$

Масова подача насіння одним апаратом:

$$q = \frac{Q \cdot F}{1000}, \quad (3.2)$$

$$q = \frac{220 \cdot 0,333}{1000} = 0,0733 \text{ кг/с} = 26,4 \text{ кг/год.}$$

Визначення об'єму насіння, що подається за секунду:

Об'ємна подача насіння:

$$V = \frac{q}{\rho}, \quad (3.3)$$

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

$$\dot{V} = \frac{0,00733}{760} = 9,64 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} = 9,64 \text{ см}^3/\text{с}.$$

Розрахунок об'єму насіння, що подається за один оберт котушки:

Приймаємо частоту обертання котушки: $n = 50 \text{ об/хв}^{-1} \text{ об/с}.$

Тоді об'єм насіння за один оберт

$$V_1 = \frac{V}{n} \quad (3.4)$$

$$V_1 = \frac{9,64}{1} = 9,64 \text{ см}^3.$$

Розрахунок об'єму одного жолобка котушки:

Об'єм одного жолобка:

$$V_{\text{ж}} = \frac{V_1}{z}, \quad (3.5)$$

$$V_{\text{ж}} = \frac{9,64}{32} = 0,301 \text{ см}^3 \approx 0,30 \text{ см}^3$$

Визначення площі поперечного перерізу жолобка:

Площа поперечного перерізу жолобка:

$$S_{\text{ж}} = \frac{V_{\text{ж}}}{L}, \quad (3.6)$$

де $L = 35 \text{ мм} = 3,5 \text{ см}.$

$$S_{\text{ж}} = \frac{0,30}{3,5} = 0,086 \text{ см}^2 = 8,6 \text{ мм}^2.$$

Розрахунок розмірів жолобка:

Жолобок приймаємо напівкруглої форми. Площа напівкруга:

$$S_{\text{ж}} = \frac{\pi r^2}{2}, \quad (3.7)$$

Звідси радіус жолобка:

$$r = \sqrt{\frac{2S_{\text{ж}}}{\pi}},$$

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,6}{3,14}} = 2,34 \text{ мм}$$

Діаметр жолобка:

$$d_{\text{ж}} = 2r, \quad (3.8)$$

$$d_{\text{ж}} = 2 \cdot 2,34 = 4,68 \text{ мм} \approx 5 \text{ мм}.$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Отже, конструктивно приймаємо жолобки котушки діаметром 5 мм.

Розрахунок колової швидкості котушки.

Колову швидкість котушки визначаємо за формулою:

$$v_k = \frac{\pi D n}{60}, \quad (3.9)$$

де $D = 0,045$ м, $n = 60$ об/хв.

$$v_k = \frac{3,14 \cdot 0,045 \cdot 60}{60} = 0,141 \text{ м/с.}$$

Така швидкість є невеликою, тому насіння не буде інтенсивно травмуватися під час проходження через висівачний апарат.

Розрахунок крутного моменту на валу котушки:

Крутний момент визначаємо за формулою:

$$M = F \cdot r, \quad (3.10)$$

де сила опору обертання котушки приймається: $F=8$ Н.

Радіус котушки:

$$r = \frac{D}{2} = \frac{0,045}{2} = 0,0225 \text{ м.}$$

$$M = 8 \cdot 0,0225 = 0,18 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу: $k=2$

$$M_p = M \cdot k \quad (3.11)$$

$$M_p = 0,18 \cdot 2 = 0,36 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Розрахунок потужності приводу котушки:

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}, \quad (3.12)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 60}{60} = 6,28 \text{ рад/с.}$$

Потужність приводу:

$$N = \frac{M_p \cdot \omega}{1000}, \quad (3.13)$$

$$N = \frac{0,36 \cdot 6,28}{1000} = 0,00226 \text{ кВт.}$$

З урахуванням втрат у передачі приймаємо: $N=0,005$ кВт.

Отже, для приводу одного висівачного апарата потрібна потужність

близько:

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

$$N = 0,005 \text{ кВт}$$

Розрахунок діаметра валу котушки

Діаметр валу при крученні визначаємо:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_p}{\pi[\tau]}}, \quad (3.14)$$

де $M_p = 0,36 \text{ Н}\cdot\text{м} = 360 \text{ Н}\cdot\text{мм}$.

Допустиме напруження кручення для сталі приймаємо:

$$[\tau] = 40 \text{ МПа} = 40 \text{ Н/мм}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 360}{3,14 \cdot 40}} = 3,58 \text{ мм.}$$

З урахуванням запасу міцності, зручності виготовлення та встановлення котушки приймаємо: $d = 12 \text{ мм}$.

Перевірка валу на кручення

Фактичне напруження кручення:

$$\tau = \frac{16M_p}{\pi d^3}, \quad (3.15)$$

$$\tau = \frac{16 \cdot 360}{3,14 \cdot 12^3} = 1,06 \text{ МПа.}$$

Допустиме напруження: $[\tau] = 40 \text{ МПа}$

Оскільки: $\tau = 1,06 \text{ МПа} < 40 \text{ МПа}$ міцність валу забезпечується.

Висновок. У результаті конструктивних розрахунків встановлено основні параметри висіваючого апарата з чотирисекційною котушкою. Для забезпечення норми висіву 220 кг/га при ширині міжряддя 0,15 м і швидкості руху агрегату 8 км/год один висіваючий апарат повинен подавати близько 26,4 кг/год насіння.

Прийнято котушку діаметром 45 мм і довжиною робочої частини 65 мм. Загальна кількість жолобків становить 32, а об'єм одного жолобка – близько 0,30 см³. Діаметр жолобка прийнято 5 мм. Розрахунковий крутний момент на валу становить 0,36 Н·м, необхідна потужність приводу одного апарата – близько 0,005 кВт. Діаметр вала прийнято 12 мм, що забезпечує достатній запас міцності.

					КРБ.133(М6д_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Для оцінки економічної доцільності розробки висіваючого апарата з чотирисекційною котушкою необхідно визначити витрати на його виготовлення.

Вартість виготовлення конструкції:

$$C = C_m + C_{п} + C_{зп} + C_{н}, \quad (4.1)$$

де C_m – вартість матеріалів, грн;

$C_{п}$ – вартість покупних виробів, грн;

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

$C_{н}$ – накладні витрати, грн.

$$C = 2600 + 1800 + 2200 + 1400 = 8000 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.1 – Витрати на виготовлення висіваючого апарата

Стаття витрат	Вартість, грн
Металопрокат (сталь, заготовки котушки, корпусні деталі)	8500
Підшипники, кріплення, втулки, комплектуючі	5500
Механічна обробка та зварювання	6500
Заробітна плата	7000
Накладні витрати (електроенергія, амортизація, транспортні витрати)	4500
Разом	32000

Таким чином, собівартість виготовлення одного висіваючого апарата становить:

$$C = 8500 + 5500 + 6500 + 7000 + 4500 = 32000 \text{ грн.}$$

Економія насіння від впровадження удосконаленого висіваючого апарата.

Застосування чотирисекційної котушки дозволяє забезпечити більш рівномірний висів насіння та зменшити його перевитрати.

Для розрахунку приймаємо:

Площа посіву зернових культур: $F = 250$ га.

Норма висіву: $N = 220$ кг/га.

Загальна потреба в насінні:

$$Q = F \cdot N, \quad (4.2)$$

$$Q = 250 \cdot 220 = 55000 \text{ кг.}$$

Зниження перевитрат насіння становить: $\Delta = 3$ %.

Тоді річна економія насіння:

$$Q_e = Q \cdot \Delta / 100, \quad (4.3)$$

$$Q_e = 55000 \cdot 3 / 100 = 1650 \text{ кг.}$$

Вартість посівного матеріалу приймаємо: $C_n = 14$ грн/кг.

Річна економія коштів за рахунок зменшення перевитрати насіння:

$$E_n = Q_e \cdot C_n, \quad (4.4)$$

$$E_n = 1650 \cdot 14 = 23100 \text{ грн.}$$

Додатковий прибуток від підвищення врожайності.

Завдяки більш рівномірному розподілу насіння по довжині рядка покращуються умови росту та розвитку рослин, що сприяє підвищенню врожайності.

Приймаємо приріст урожайності: $\Delta Y = 0,05$ т/га.

Додатковий урожай:

$$Q_d = F \cdot \Delta Y, \quad (4.5)$$

$$Q_d = 250 \cdot 0,05 = 12,5 \text{ т.}$$

Середня ціна реалізації зерна пшениці: $C_z = 10000$ грн/т.

Додатковий прибуток:

$$P_d = Q_d \cdot C_z,$$

$$P_d = 12,5 \cdot 10000 = 125000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначаємо як суму економії коштів на насінні та додаткового прибутку від підвищення врожайності:

$$E = E_n + P_d, \quad (4.6)$$

					КРБ.133(М6д_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

де E_n – економія коштів на насінні, грн,

T – додатковий прибуток від підвищення врожайності, грн.

$$E = 23100 + 125000 = 148100 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект від впровадження удосконаленого висіваючого апарата становить 148100 грн.

Термін окупності витрат на виготовлення конструкції визначаємо за формулою:

$$T = C / E, \quad (4.7)$$

де C – вартість виготовлення висіваючого апарата, грн;

E – річний економічний ефект, грн.

$$T = 32000 / 148100 = 0,2 \text{ року} = 2,4 \text{ міс.}$$

Отже, витрати на виготовлення висіваючого апарата окупляться менш ніж за один місяць роботи.

Коефіцієнт економічної ефективності визначаємо за формулою:

$$K_e = E / C, \quad (4.8)$$

$$K_e = 148100 / 32000 = 4,63.$$

Оскільки коефіцієнт економічної ефективності значно перевищує нормативне значення, впровадження розробленого висіваючого апарата є економічно доцільним.

Таблиця 4.2 – Основні техніко-економічні показники розробки

Показник	Значення
Вартість виготовлення конструкції, грн	32000
Норма висіву, кг/га	220
Площа посіву, га	250
Загальна потреба в насінні, кг	55000
Економія насіння, кг	1650
Економія коштів на насінні, грн	23100
Додатковий урожай, т	12,5
Додатковий прибуток, грн	125000
Річний економічний ефект, грн	148100
Термін окупності, міс.	2,4
Коефіцієнт економічної ефективності	4,63

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що впровадження удосконаленого висіваючого апарата з чотирисекційною котушкою є економічно доцільним. За вартості виготовлення дослідного зразка 32 тис. грн річний економічний ефект становить 148,1 тис. грн, а термін окупності не перевищує 2,4 місяців. Це підтверджує ефективність запропонованої конструкції та доцільність її впровадження у виробництво.

4.2 Охорона праці

Безпечне виконання робіт під час виготовлення, складання, регулювання та експлуатації висіваючого апарата забезпечується комплексом організаційних заходів спрямованих на попередження виробничого травматизму та професійних захворювань працівників.

Організація робіт повинна здійснюватися відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України та чинних нормативно-правових актів з охорони праці. На підприємстві має функціонувати система управління охороною праці, яка передбачає планування заходів безпеки, контроль та виконання та постійне вдосконалення умов праці [4].

До виконання робіт допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці та навчання безпечним методам праці. Працівники, які обслуговують металорізальні верстати, зашпонохідимальні механізми та електрообладнання, повинні мати відповідну кваліфікацію та посвідчення на право виконання робіт.

Повторний інструктаж проводиться не рідше одного разу на шість місяців, а позаплановий – у разі зміни технологічного процесу, модернізації обладнання або після виникнення нещасного випадку. Результати проведення інструктажів реєструються у відповідних журналах установленого зразка.

Важливим організаційним заходом є раціональна організація робочих місць. Інструмент, пристосування та технологічна документація повинні

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

розміщуватися таким чином, щоб забезпечити зручність роботи та виключити зайві рухи працівника. Пророди між обладнанням повинні відповідати встановленим нормам та не захаращуватися матеріалами або готовими виробами.

Для підтримання працездатності персоналу необхідно дотримуватися раціонального режиму праці та відпочинку. Тривалість робочого часу, перерв та відпочинку повинна відповідати вимогам трудового законодавства. Особлива увага приділяється працівникам, які виконують роботи підвищеної небезпеки або працюють в умовах підвищених фізичних навантажень.

Працівники повинні бути забезпечені сертифікованими засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт. Адміністрація підприємства зобов'язана здійснювати контроль за правильністю використання засобів захисту та своєчасною їх заміною.

Систематичний контроль за станом охорони праці, проведення профілактичних заходів та виконання вимог нормативних документів дозволяють створити безпечні умови праці, знизити рівень виробничого травматизму та забезпечити ефективну роботу персоналу [4].

Під час виготовлення, складання, регулювання та експлуатації висіваючого апарата працівники можуть піддаватися впливу різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. До основних небезпек належать рухомі частини верстатів і механізмів, гострі кромки деталей, підвищений рівень шуму та вібрації, електричний струм, пил, а також несприятливі метеорологічні умови під час виконання польових робіт [10].

Під час механічної обробки деталей висіваючого апарата існує небезпека травмування працівників різальним інструментом, стружкою та рухомими елементами обладнання. При виконанні єдосарно-складальних робіт можливі порізи рук, забої та травми внаслідок використання ручного інструменту. Особливу увагу необхідно приділяти безпечному виконанню робіт на свердлильних, фрезерних та шліфувальних верстатах.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

Під час експлуатації сівалки з розробленим висіваючим апаратом небезпеку становлять рухомі елементи приводу, карданні передачі, ланцюгові механізми, а також можливість потрапляння одягу працівника до зони рухомих частин. Для запобігання травмуванню всі рухомі вузли повинні бути обладнані захисними кожухами.

Для забезпечення безпечної роботи необхідно виконувати вимоги чинних нормативних документів з охорони праці та виробничої санітарії.

Усі працівники повинні проходити вступний та первинний інструктажі з охорони праці, а також періодичне навчання безпечним методам виконання робіт. До роботи на металорізальних верстатах допускаються лише особи, які пройшли відповідне навчання та перевірку знань.

Під час виконання виробничих операцій працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисні окуляри, рукавиці та захисне взуття. При роботі зі шліфувальним обладнанням додатково рекомендується використовувати засоби захисту органів слуху та респіратори.

Робочі місця повинні бути забезпечені достатнім природним і штучним освітленням. Освітленість робочої зони при виконанні складальних робіт повинна становити не менше 300 лк. Для підтримання сприятливих умов праці необхідно забезпечити ефективну вентиляцію виробничих приміщень.

Під час монтажу та регулювання висіваючого апарата всі роботи необхідно виконувати лише після повної зупинки машини та вимкнення приводу. Забороняється проводити очищення, змащування або регулювання робочих органів під час їх руху [4, 10].

Виробничі приміщення, де здійснюється виготовлення та складання деталей висіваючого апарата, повинні бути забезпечені належними засобами пожежогасіння. До таких засобів належать порошкові та вуглекислотні вогнегасники, ящики з піском та пожежний інвентар.

Основними причинами виникнення пожеж можуть бути несправність електрообладнання, коротке замикання електричної мережі, порушення правил виконання зварювальних робіт та недотримання вимог пожежної безпеки.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

Для запобігання пожежам необхідно здійснювати регулярний контроль технічного стану електромереж, своєчасно усувати виявлені несправності та підтримувати належний протипожежний режим на виробництві.

Безпека праці під час роботи сівалки в польових умовах.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан сівалки, надійність кріплення висіваючих апаратів, справність приводу та захисних огорожень. Забороняється експлуатація машини за наявності несправностей, які можуть створити загрозу для обслуговуючого персоналу.

Завантаження насіння до бункерів необхідно виконувати лише після повної зупинки агрегату. Під час руху сівалки забороняється перебування людей на рамі машини та поблизу рухомих елементів приводу.

Усі роботи з технічного обслуговування та усунення несправностей необхідно виконувати після зупинки двигуна трактора та вжиття заходів щодо виключення самовільного руху агрегату.

Висновок. Розроблений висіваючий апарат за умови дотримання вимог охорони праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки є безпечним у виготовленні та експлуатації. Виконання запропонованих заходів дозволяє знизити ризик виробничого травматизму, забезпечити безпечні умови праці персоналу та підвищити надійність роботи посівної техніки.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Сучасне сільськогосподарське виробництво нерозривно пов'язане з використанням машинно-тракторних агрегатів, які під час виконання технологічних операцій впливають на навколишнє природне середовище. Однією з таких операцій є посів зернових культур, якість виконання якого значною мірою залежить від конструкції висіваючого апарата та технічного стану посівної машини.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		49

Під час проведення посівних робіт основними джерелами негативного впливу на довкілля є відпрацьовані гази двигунів тракторів, шум, вібрація, можливі втрати насінневого матеріалу та ущільнення ґрунту ходовими системами машин. Крім того, порушення технології посіву може призводити до нераціонального використання насіння та зниження ефективності використання земельних ресурсів [18].

Забруднення атмосферного повітря відбувається внаслідок роботи дизельних двигунів, які виділяють оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні та тверді частинки. Зменшення негативного впливу досягається шляхом підтримання машин у технічно справному стані та використання якісного палива.

Бажливим напрямком охорони навколишнього середовища є забезпечення раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів. Запропонована конструкція висівача з чотирисекційною котушкою сприяє більш рівномірному висіву насіння та зменшенню його втрат під час виконання посівних робіт.

Підвищення рівномірності висіву дозволяє більш ефективно використовувати насінневий матеріал, зменшує необхідність пересіву окремих ділянок та сприяє раціональному використанню земельних ресурсів. Завдяки покращенню агротехнічних показників посіву створюються сприятливі умови для формування рівномірних сходів і підвищення врожайності культур.

Для зниження негативного впливу машинно-тракторного агрегату на ґрунт необхідно дотримуватися оптимальних режимів роботи техніки, уникати зайвих проходів по полю та своєчасно виконувати технічне обслуговування машин. Це дозволяє зменшити ущільнення ґрунту та зберегти його агрофізичні властивості.

Особливу увагу слід приділяти недопущенню забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами. Заправлення та технічне обслуговування машин необхідно виконувати на спеціально обладнаних майданчиках, які мають тверде покриття та засоби збору випадкових розливів нафтопродуктів [18].

Під час виготовлення деталей висівача утворюються металеві відходи у вигляді обрізків листового металу, стружки та зношеного інструменту.

					КРБ.133(М6д_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

Відходи чорних металів підлягають сортуванню та передачі на спеціалізовані підприємства для подальшої переробки.

Відпрацьовані мастила, промивні рідини та інші технічні матеріали необхідно збирати в окремі герметичні ємності та передавати організаціям, які мають дозвіл на поводження з небезпечними відходами. Забороняється зливати відпрацьовані нафтопродукти на ґрунт або у водойми.

Під час експлуатації посівної техніки необхідно забезпечувати своєчасне очищення машин від рослинних решток та пилу, а також контролювати технічний стан паливної системи з метою запобігання витіканню палива і мастил.

Запропонований висіваючий апарат із чотирисекційною катушкою забезпечує більш рівномірний розподіл насіння по довжині рядка та підвищує стабільність норми висіву. Це дозволяє зменшити перевитрати насінневого матеріалу та підвищити ефективність використання посівних площ.

Завдяки покращенню якості посіву зменшується потреба у проведенні додаткових агротехнічних заходів, що сприяє скороченню витрат палива та зменшенню техногенного навантаження на довкілля. Крім того, підвищення врожайності культур забезпечує більш ефективне використання природних ресурсів без збільшення площі сільськогосподарських угідь.

Таким чином, впровадження удосконаленого висіваючого апарата має не лише технічне та економічне значення, а й сприяє підвищенню екологічної безпеки технологічного процесу вирощування зернових культур.

Висновок. Розглянуто основні екологічні аспекти використання та експлуатації висіваючого апарата. Встановлено, що найбільший вплив на навколишнє середовище пов'язаний з використанням машинно-тракторних агрегатів, утворенням виробничих відходів та можливим забрудненням ґрунту паливно-мастильними матеріалами. Запропоновані природоохоронні заходи дозволяють мінімізувати негативний вплив на довкілля, забезпечити раціональне використання природних ресурсів та підвищити екологічну безпеку посівних робіт.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано удосконалення конструкції висіваючого апарата зернової сіялки шляхом застосування чотирисекційної котушки, що забезпечує більш рівномірну подачу насіння та зменшення пульсації насінневого потоку.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що використання удосконаленого висіваючого апарата дозволяє знизити перевитрати насіння на 3 %. За площі посіву 250 га та норми висіву 220 кг/га це забезпечує економію 1650 кг насіння на рік.

Розроблена конструкція характеризується простотою виготовлення, не потребує значних змін у конструкції базової сіялки та може бути впроваджена під час модернізації існуючих посівних машин. Виконані конструкторські розрахунки підтвердили працездатність, міцність і надійність основних елементів висіваючого апарата.

Технологічний процес виготовлення деталі «Клапан» розроблено з урахуванням сучасних вимог до технологічності конструкцій машинобудівного виробництва, що дозволяє забезпечити необхідну точність обробки та якість поверхонь при мінімальних виробничих витратах.

Техніко-економічне обґрунтування підтвердило ефективність запропонованого рішення. Річний економічний ефект від впровадження висіваючого апарата становить 148,1 тис. грн. За вартості виготовлення конструкції 165 тис. грн термін окупності складає 2,4 місяці, а коефіцієнт економічної ефективності дорівнює 4,6, що відповідає вимогам до інвестиційних проєктів у галузі сільськогосподарського машинобудування.

Отже, впровадження розробленого висіваючого апарата дозволяє підвищити якість виконання посівних робіт, зменшити втрати посівного матеріалу, покращити рівномірність висіву та отримати відчутний економічний ефект, що свідчить про доцільність практичного використання запропонованої конструкції.

					КРБ.133 (Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бабійчук В. В., Ловейкін В. С. Машини для рослинництва. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 376 с.
2. Бендера І. М., Семененко О. Є. Основи проектування сільськогосподарських машин. Кам'янець-Подільський : ПДАТУ, 2021. 284 с.
3. Булгаков В. М., Адамчук В. В., Червиль О. М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. Київ : Аграрна наука, 2022. 456 с.
4. Войналович О. В., Іванюга В. В. Охорона праці в галузі : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2020. 292 с.
5. Голуб Г. А., Кухарець С. М., Янович В. П. Механізація технологічних процесів у рослинництві. Житомир : Полісся, 2021. 408 с.
6. ДСТУ 2651:2005. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Київ : Держспоживстандарт України, 2005.
7. ДСТУ 8540:2015. Прокат сортовий і фасонний зі сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
8. ДСТУ 8833:2019. Виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
9. ДСТУ 8836:2019. Виливки із металів та сплавів. Загальні технічні умови. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
10. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зниження ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
11. ДСТУ EN ISO 6411:2018. Кресленики технічні. Спрощене подання центральних отворів. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
12. ДСТУ EN ISO 9692-2:2014. Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 2. Дугове зварювання сталей під флюсом. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

13. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок. Київ : Держспоживстандарт України, 2002.

14. ДСТУ ISO 286-2:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів. Київ : Держспоживстандарт України, 2002.

15. ДСТУ EN ISO 4254-1:2022. Машини сільськогосподарські. Безпека. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 62 с.

16. Козаченко О. В. Технологія виготовлення деталей машин : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2021. 198 с.

17. Лімаренко О. М., Кравченко М. В. Охорона навколишнього середовища на виробничих підприємствах : навч. посіб. Кривий Ріг : КНУ, 2022. 188 с.

18. Ліщинська Л. Б., Пилипенко О. І. Основи технології машинобудування: підручник. Вінниця : ВНТУ, 2022. 296 с.

19. Ігнат'єв Є. І., Паламарчук І. П. Основи проектування машин агропромислового виробництва. Вінниця : ВНАУ, 2021. 310 с.

20. Кравчук В. І., Ліннік М. К., Погорілий Е. Ф. Машини для сівби та садіння. Дослідницьке : УкрНДНЦ ім. Л. Погорілого, 2021. 268 с.

21. Ловейкін В. С., Роговський І. Л. Теорія механізмів і машин у прикладах та задачах. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 388 с.

22. Надикто В. Т., Кюрчев В. М. Машиновикористання в землеробстві. Мелітополь : Люкс, 2020. 420 с.

23. Ружило З. В., Черняк О. М. Конструювання машин агропромислового виробництва. Львів : Новий Світ-2000, 2021. 290 с.

24. Сало В. М., Лещенко С. М. Посівні машини: конструкція, розрахунок і експлуатація. Кропивницький : ЦНТУ, 2021. 242 с.

25. Чуба В. В., Руденко Н. М. Інженерія аграрного виробництва. Дніпр : Ліра, 2020. 336 с.

					КРБ.133(М6д_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		54

26. Agricultural Engineering Handbook / ed. by H. J. Barre. St. Joseph : ASABE, 2021. 612 p.

27. Kutz M. Mechanical Engineers' Handbook. 5th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2021. 2784 p.

28. Mahajan K., Singh K. Performance Evaluation of Seed Metering Devices in Grain Drills. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2021. Vol. 23. No. 4. P. 121–130.

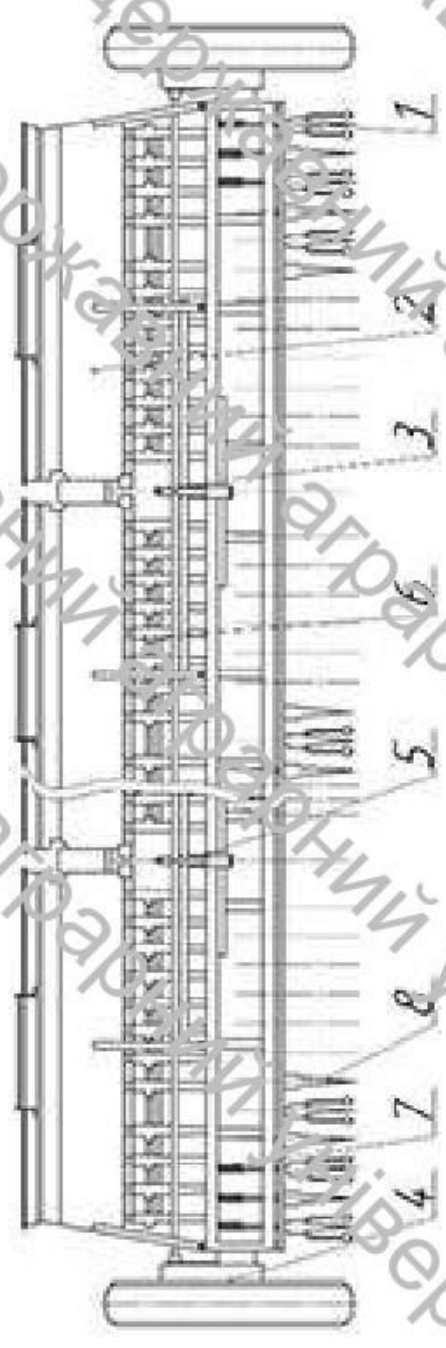
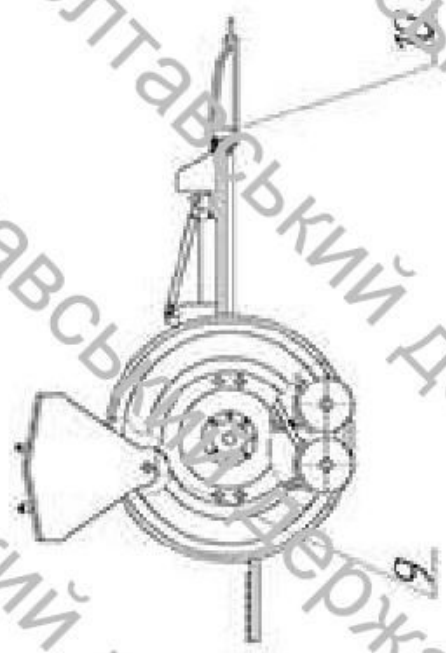
29. Özmerzi A., Karayel D. Precision Seeding and Seed Metering Technologies. Journal of Agricultural Machinery Science. 2020. Vol. 16. No. 2. P. 87–96.

30. Srivastava A. K., Goering C. E., Rohrbach R. P., Buckmaster D. R. Engineering Principles of Agricultural Machines. 3rd ed. St. Joseph : ASABE, 2020.

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		55

ДОДАТКИ

					КРБ.133(Мбд_31[2].19.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56



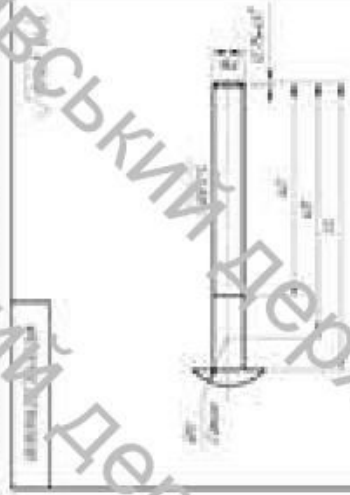
10
 9
 8
 7
 6
 5
 4
 3
 2
 1

Лист № 1		Лист № 2		Лист № 3	
Лист № 4		Лист № 5		Лист № 6	
Лист № 7		Лист № 8		Лист № 9	
Лист № 10		Лист № 11		Лист № 12	
Лист № 13		Лист № 14		Лист № 15	
Лист № 16		Лист № 17		Лист № 18	
Лист № 19		Лист № 20		Лист № 21	
Лист № 22		Лист № 23		Лист № 24	
Лист № 25		Лист № 26		Лист № 27	
Лист № 28		Лист № 29		Лист № 30	



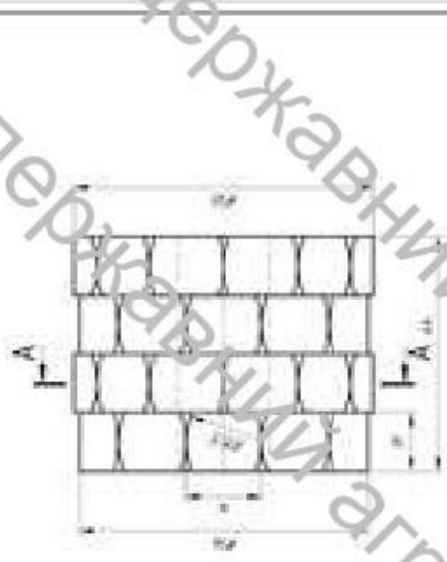
Технічний рисунок

Назва деталі	Кваліфікація	Масштаб	Матеріал
№ деталі	№ креслення	№ варіанта	№ варіанта



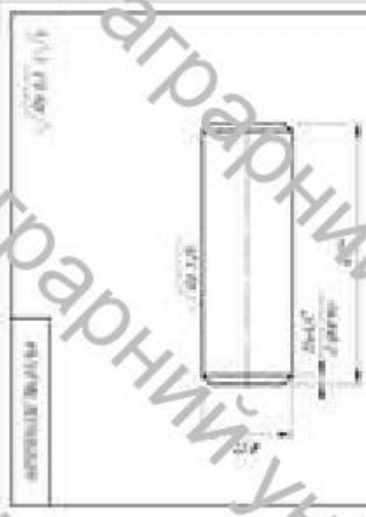
Технічний рисунок

Назва деталі	Кваліфікація	Масштаб	Матеріал
№ деталі	№ креслення	№ варіанта	№ варіанта



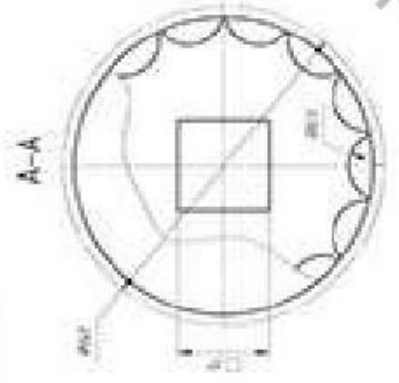
Технічний рисунок

Назва деталі	Кваліфікація	Масштаб	Матеріал
№ деталі	№ креслення	№ варіанта	№ варіанта



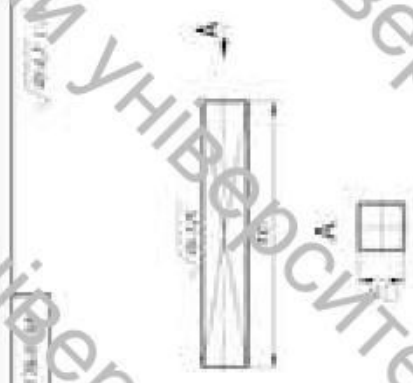
Технічний рисунок

Назва деталі	Кваліфікація	Масштаб	Матеріал
№ деталі	№ креслення	№ варіанта	№ варіанта



Технічний рисунок

Назва деталі	Кваліфікація	Масштаб	Матеріал
№ деталі	№ креслення	№ варіанта	№ варіанта



Технічний рисунок

Назва деталі	Кваліфікація	Масштаб	Матеріал
№ деталі	№ креслення	№ варіанта	№ варіанта