

**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 агрегату для стрічкового внесення і  
загортання гербіцидів у ґрунт»

КРБ.133ГМбд\_31[2].08.00.00.000 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[1]*  
ЗІНЧЕНКО Вячеслав

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ХАРАК Руслан

**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*

електричної

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**механічної та**

**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**

***Вячеслав ЗІНЧЕНКО***

1 Тема роботи: *«Розробка конструкції агрегату для стрічкового  
внесення і загортання гербіцидів у ґрунт»*

керівник роботи ***канд. техн. наук, доцент ХАРАК Руслан,***  
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: *підручники та навчальні посібники з конструкції  
та розрахунку сільськогосподарських машин; підручники та навчальні  
посібники з технологічних процесів виробництва деталей машин; патенти на  
винахід і корисну модель агрегатів для стрічкового внесення та загортання  
гербіцидів у ґрунт; державні стандарти, на яких базується Єдина система  
конструкторської документації.*

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 агрегату для стрічкового  
внесення і загортання гербіцидів у ґрунт, що виноситься на розгляд; складальний  
кресленник вузла, що виноситься на розгляд; кресленники деталей агрегату і вузла.*

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	Ірина ЗАГРЕБЕЛЬНА, доцент 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	З 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Вячеслав ЗІНЧЕНКО  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Руслан ХАРАК  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка:** 4 розділи, 19 рисунків, 3 таблиці, 28 використаних джерел, 57 сторінок.

**Об'єкт розробки** – процес внесення гербіцидів машинно-тракторним агрегатом.

**Предмет розробки** – конструктивні та експлуатаційні параметри агрегату для стрічкового внесення і загорання гербіцидів у ґрунт.

**Постановка актуальної технічної задачі** – дослідити можливі шляхи створення нової конструкції агрегату для стрічкового внесення і загорання гербіцидів у ґрунт, та на основі їх аналізу розробити конструкторську документацію.

**Мета кваліфікаційної роботи бакалавра** – розробка конструкції агрегату для стрічкового внесення і загорання гербіцидів у ґрунт, який забезпечуватиме ефективне локальне внесення препаратів, зниження їх витрат, підвищення якості обробітку та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

**Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра** – створення конструкції агрегату, який дозволить підвищити ефективність використання гербіцидів, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити екологічно безпечне виконання технологічного процесу.

У **загальному розділі** були наведені: стисла оцінка сучасного стану предмету і об'єкту розробки; обґрунтування актуальності роботи та підстави для її виконання; мета роботи; можливі сфери застосування її результатів; практичне значення кваліфікаційної роботи.

У **технологічному розділі** здійснено реалізацію технологічного забезпечення виготовлення агрегату, який запропоновано використати у складі машин для вирощування просапних культур.

У **конструкторському розділі** було проведено розрахунки агрегату, що забезпечать необхідні міцність конструкції.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** було розраховано економічну ефективність використаних технічних рішень, запропоновані безпечні умови праці, а також заходи щодо усунення шкідливого впливу машини на довкілля.

**Практичні результати роботи** – розроблений комплект конструкторської документації на агрегат для стрічкового внесення і загорання гербіцидів у ґрунт.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** – конструкція агрегату, який характеризується високою ефективністю і простотою у виготовленні, може бути використана у технологічному процесі сівби.

**Сфера застосування результатів роботи** – виробництво засобів механізації сільськогосподарського виробництва.

Графічна частина проекту становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу «StrikePlagiarism»: унікальність тексту – 96,72%.

#### АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції агрегату для стрічкового внесення і загорання гербіцидів у ґрунт, який характеризується високою ефективністю і простотою у виготовленні. Розроблена технологічна схема та маршрутна карта виготовлення конструкторської розробки, складена операційна карта на виготовлення окремих її деталей. Виконані розрахунки на міцність. Запропоновані безпечні умови праці, а також заходи щодо усунення шкідливого впливу машини на довкілля.

**АГРЕГАТ, ГЕРБІЦИД, ВНЕСЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, МАРШРУТНА КАРТА, ТРАКТОР, ВИРОБНИЦТВО, ЕФЕКТИВНІСТЬ**

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуші
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of the design of an aggregate for tape application and wrapping of herbicides into the soil, which is characterized by high efficiency and simplicity in manufacturing. A technological scheme and a route map for the manufacture of the design development have been developed, an operational map for the manufacture of its individual parts has been compiled. Strength calculations have been performed. Safe working conditions have been proposed, as well as measures to eliminate the harmful effects of the machine on the environment.

AGGREGATE, HERBICIDES, APPLICATION, TECHNOLOGY, ROUTE MAP, TRACTOR, PRODUCTION, EFFICIENCY

					КРБ.133ГМ6д_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Архив
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП . . . . .	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ . . . . .	9
1.1 Вимоги до машин для захисту рослин. . . . .	9
1.2 Будова і процес роботи машин для захисту рослин . . . . .	9
1.3 Необхідність розробки конструкції . . . . .	16
1.4 Будова та робота удосконаленого агрегату . . . . .	16
1.5 Мета за завдання роботи . . . . .	22
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ . . . . .	24
2.1 Технологія виготовлення агрегату для внесення гербіцидів . . . . .	24
2.2 Маршрутна карта технологічного процесу виготовлення агрегату . . . . .	27
2.3 Операційна карта виготовлення деталі . . . . .	29
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ . . . . .	33
3.1 Розрахунок кінцевої секції штанги на міцність . . . . .	33
3.2 Розрахунок на жорсткість. . . . .	35
3.3 Розрахунок проміжної секції і розтяжки . . . . .	37
3.4 Розрахунок проміжної секції на жорсткість . . . . .	39
3.5 Вибір канату для розтягу . . . . .	40
3.6 Розрахунок ваги маятника . . . . .	41
3.7 Розрахунок осі штанги і маятника . . . . .	42
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА . . . . .	44
4.1 Економічна ефективність конструкторської розробки . . . . .	44
4.2 Охорона праці . . . . .	48
4.3 Охорона навколишнього середовища . . . . .	51

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>			
					<b>Зміст</b>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Зінченко В.В.</i>					6	57
<i>Перевір.</i>		<i>Харак Р.М.</i>			<i>ПДАУ, 2026 р.</i>			
<i>Керівник</i>		<i>Харак Р.М.</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Харак Р.М.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Попов С.В.</i>						

ВИСНОВКИ . . . . .	. 54
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ. . . . .	. 55

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

Сучасний розвиток сільськогосподарського виробництва вимагає впровадження ефективних, ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Одним із важливих факторів підвищення врожайності є ефективний захист посівів від бур'янів, які значно знижують продуктивність культурних рослин, погіршують якість продукції та збільшують витрати на вирощування.

Для боротьби з бур'янами широко застосовуються гербіциди, однак традиційні способи їх внесення часто характеризуються високими витратами препаратів, нерівномірністю розподілу та негативним впливом на навколишнє середовище. Суцільне внесення гербіцидів призводить до значного хімічного навантаження на ґрунт, забруднення поверхневих і підземних вод, а також до зростання собівартості виробництва сільськогосподарської продукції.

У сучасних умовах особливої актуальності набуває використання технологій локального та стрічкового внесення засобів захисту рослин. Такі технології дозволяють суттєво зменшити норми витрати гербіцидів, підвищити ефективність їх дії та знизити негативний вплив на довкілля. Одночасне загортання гербіцидів у ґрунт сприяє зменшенню втрат препарату внаслідок випаровування та знесення вітром, а також забезпечує більш рівномірний розподіл діючої речовини в оброблюваному шарі.

У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення технічних засобів для внесення гербіцидів, підвищення якості виконання технологічного процесу та зниження енерго- і ресурсозатрат.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Вимоги до машин для захисту рослин

Сучасні машини для захисту рослин мають бути перш за все безпечними, ергономічними та оснащеними аварійними системами промивання водою. Під час передпосівного протруювання важливо зберегти цілісність насіння та його схожість (зокрема під час термічної обробки), а похибка дозування пестицидів не повинна виходити за межі  $\pm 3\%$ . Хімічну обробку посівів проводять у стислі терміни за вказівками профільних служб. До якості робочої рідини та точності її внесення висуваються суворі вимоги: однорідність розчину з відхиленням концентрації до  $\pm 5\%$  та точне дотримання дисперсності. Допустима межа нерівномірності покриття становить 30% за шириною захвату та 25% за довжиною гону. Сама ж похибка дози при обпилюванні може становити  $\pm 15\%$ , а при обприскуванні — від +15% до -20%. Велику роль відіграє погода: роботи припиняють під час дощу, за температури вище 23° С або за наявності висхідних повітряних потоків. Швидкість вітру для обприскування обмежена 5 м/с, для обпилювання — 3 м/с. Для технологій точного землеробства застосовують мобільні комплекси, які змінюють норму виливу в режимі реального часу [1, 2].

### 1.2 Будова і процес роботи машин для захисту рослин

Техніка для хімічного захисту рослин працює за універсальним принципом: спочатку речовина дозується, потім розпилюється, після чого дрібні краплі транспортуються до рослин. Залежно від технології виділяють кілька типів обприскування: звичайне (600...250 мкм), малооб'ємне (250...100 мкм), ультрамалооб'ємне (100...20 мкм) та аерозольне (5,0...0,5 мкм). Габарити крапель безпосередньо впливають на втрати хімікатів під час їх доставки. Примусове обприскування за допомогою турбулентного

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітряного струменя створює неоднорідний за розміром спектр частинок. Великі краплі мають вищу інерцію, тому осідають по центру на лицьовій стороні рослин. Натомість дрібніші частинки підхоплюються повітряними завихреннями, огинають листя й завдяки дифузії покривають його зворотний бік. Такий підхід забезпечує ефективне проникнення пестицидів навіть у найменш доступні місця. Зовсім інша ситуація виникає при гравітаційному осадженні (зокрема під час авіаобробки), де краплі падають під власною вагою. У цьому випадку зменшення розміру частинок лише посилює їх знесення вітром за межі поля. Це не тільки знижує ефективність захисту, але й створює небезпеку для сусідніх культур. Саме через загрозу неконтрольованого знесення токсичних речовин діє суворя заборона на внесення гербіцидів вентиляторними машинами. З цієї ж причини до авіаційного обприскування дозволено залучати техніку лише в критичних ситуаціях масового розмноження шкідників, чого намагаються уникати за умов високої культури ведення господарства.

Штанговий напівпричіпний обприскувач ОПШ-2000 розроблений для суцільного внесення рідких мінеральних добрив (наприклад, КАС) та пестицидів. Цей агрегат функціонує в тандемі з тракторами тягового класу 1,4 і 2. Для задоволення конкретних потреб аграріїв розроблено сім модифікацій обладнання, що відрізняються елементами комплектації. Технологічний цикл роботи машини із дистанційною системою контролю (рис. 1.1) реалізовано за таким принципом. Робоча суміш із резервуара 2 транспортується через кульовий кран 7 і фільтр первинного очищення 8 завдяки розрідженню, яке створює мембранно-поршневий насос 9. Потім рідина подається в магістраль нагнітання, проходячи послідовно через дросельний клапан 6, напірний фільтр 5 та блок електрогідроклапанів 4 безпосередньо до робочих органів штанги 1. У процесі роботи насос гарантує підтримку сталого тиску в системі, який виставляється регулятором і відстежується оператором за допомогою манометра. Очищений напірним фільтром розчин надходить до блоку управління, де через систему розвантажувальних та секційних клапанів

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трисекційного розподільника спрямовується до штанги. Конструкція дозволяє гнучко керувати обробкою, задіюючи за потреби одну, дві або всі три секції одночасно. На виході з розпилювачів рідина перетворюється на дрібнодисперсні краплі, які виконують суцільне покриття цільових об'єктів [3].

Рисунок 1.1 – Схема роботи обприскувача ОПШ-2000 з дистанційним керуванням:

1 – штанга; 2 – резервуар; 3 – електричний регулювальний клапан; 4 – електрогідроклапани; 5 – напірний фільтр; 6 – дросельний клапан; 7 – кульовий кран; 8 – фільтр первинного очищення; 9 – мембранно-поршневий насос; 10 – пульт керування (10.1 –подача рідини на секції; 10.2 – включення живлення; 10.3 – керування регулювальним клапаном; 10.4 – манометр); 11 – гідроперемішувач; 12 – заправний рукав з фільтруючим елементом

Щоб налаштувати обприскувач на задану гектарну норму витрати робочого розчину, враховують кілька взаємопов'язаних чинників: ширину захвату машини, швидкість руху трактора, кількість і діаметр отворів

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розпилювачів, а також рівень тиску всередині нагнітальної системи. Причипна малооб'ємна модель ОП-2000-2-01 виконує ті ж завдання, що й відомий обприскувач ОПШ-2000. Взагалі, ОПШ-2000 було спроектовано як прогресивну еволюцію цієї машини, замінивши ключові компоненти на більш технологічні аналоги імпортного виробництва. Щодо навісних моделей, то для хімічної обробки полів часто використовують штанговий обприскувач ОМ-630-2, рама якого кріпиться на задню навіску трактора. Його основними інженерними вузлами є рама, нержавіючий бак із вбудованою гідравлічною мішалкою, поршневий насос, карданна передача, п'ятисекційна штанга та регулятор тиску, оснащений демпфером і манометром. Для встановлення точного дозування препарату на гектар у цій моделі застосовують метод «закритого струменя» із використанням спеціальної градуйованої шкали й дозатора, а також підбирають відповідні за типом розпилювачі.

Інший навісний апарат, ОМ-320-2, орієнтований на ультрамалооб'ємний захист просапних, зернових, технічних та овочевих культур від хвороб і шкідників. Ця рамна конструкція встановлюється на стандартну триточкову навіску. Проте вона має специфічну вимогу до тягового класу: трактор обов'язково повинен мати гідравлічну систему відбору потужності (ГСВП), здатну видавати тиск 10 МПа при потоці масла на рівні 100 л/хв. Конструкція ОМ-320-2 включає раму, бак з гідромішалкою, поршневий насос, робочу штангу з розпилювальними елементами, комунікаційні шланги та кардан.

Для обробки багаторічних насаджень, таких як сади, хмільники чи виноградники, застосовують вентиляторний причіпний обприскувач ОПВ-2000. Він адаптований для звичайного та малооб'ємного розпилення більшості видів захисних хімікатів, за винятком гербіцидних препаратів.

Його конструктивна схема (рис. 1. 2) об'єднує бакову місткість 11 з інтегрованою гідромеханічною мішалкою 16, заправний вузол 10, рівнемір 8 та насос 19 з фільтрувальним елементом 18. Керування тиском і напрямком руху суміші відбувається через систему вентилів 2, 3, клапанів 4, 6, 9, 14, 17, ежектор 1 та регулятор 5. Контроль за робочим тиском покладено на манометр

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

22 із демпферним пристроєм 21, звідки рідина через комунікаційні рукави 15, 24 та маслопроводи 23 спрямовується до вентиляторно-розпилювального пристрою 13 із завитком 12.

Рисунок 1.2 – Схема роботи обприскувача ОПВ-2000

Поряд з вітчизняними машинами аграрії України активно експлуатують американську самохідну техніку фірми Miller. Популярна лінійка Nitro представлена моделями 4215, 4240 (рис. 1.3) та 4275. Залежно від модифікації, машини комплектуються двигунами на 158, 176 або 202 кВт та місткими резервуарами об'ємом 3785 чи 5300 л [3].

Рисунок 1.3 – Самохідний обприскувач Miller Nitro 4240

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливістю моделі Miller Nitro є можливість вибору штанги шириною 27,4 або 36,6 метра, де форсунки віддалені одна від одної на 38 см. Для адаптації під різні міжряддя передбачено автоматичне гідравлічне регулювання колії в діапазоні 305–406 см, яке виконується прямо з робочого місця водія. Потужна помпова система забезпечує вилив до 795 л/хв при максимальному тиску 0,56 МПа. Додатковою перевагою цих габаритних комплексів є маневровість — радіус їхнього розвороту не перевищує 4,5 метра.

Американський бренд Apache пропонує для вітчизняного агросектору самохідні обприскувачі серій AS 715, AS 1010 та AS 1210 (рис 1.4).

Рисунок 1.4 – Самохідний обприскувач Apache AS 715

Ці машини відрізняються об'ємом баків для робочого розчину (2840, 3780 та 4543 л) та потужністю двигунів (118, 158 і 202 кВт відповідно). Залежно від умов господарства можна обрати крило штанги завширшки від 18 до 30 метрів (доступні варіанти: 18, 24, 27 і 30 м). Моделі відрізняються можливістю автоматичного гідравлічного регулювання колії, наявністю вбудованої системи активної промивки основного резервуара та високим рівнем цифровізації завдяки штатному GPS-навігатору Raven Cruiser.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Водночас у сегменті причіпних машин активні позиції займає компанія Baram, яка постачає модельні лінійки Iris, Elios, Fox та Compact (зокрема у модифікаціях BDL та BDL Air) (рис. 1.5).

Рисунок 1.5 – Причіпний обприскувач Elios BDL Air з наддувом повітря

Сучасний захист рослин базується на використанні космічних навігаційних технологій. Завдяки їм фіксуються точні географічні координати ділянок, де зосереджені шкідливі об'єкти. Далі програмне забезпечення формує електронну карту диференційованого внесення, яка повністю відповідає реальному фітосанітарному стану поля. Бортовий комп'ютер обприскувача зчитує цю карту і за допомогою супутникової антени регулює подачу пестициду в режимі реального часу для кожної окремої ділянки. При цьому швидкість руху обприскувача можна вільно змінювати в широкому діапазоні, підлаштовуючи її під тягові можливості трактора, архітектуру посівів та стан ґрунту на складних відрізках поля.

Обприскування гербіцидами на ґрунт призводить до збільшення втрати препарату внаслідок випаровування та знесення вітром, а також не забезпечує рівномірний розподіл діючої речовини в оброблюваному шарі

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Необхідність розробки конструкції

В умовах інтенсифікації агропромислового виробництва під час культивування кукурудзи та інших просапних культур широкого практичного застосування набув хімічний метод знешкодження забур'яненості посівів. Водночас фінансові витрати на придбання та застосування гербіцидів становлять 15–20% у загальній структурі собівартості вирощування кукурудзи [4, 5]. Стрічкове внесення високотехнологічних гербіцидів забезпечує двократне зниження норм витрати препаратів, що істотно підвищує рівень рентабельності виробництва. Крім того, такий підхід мінімізує ризики кумуляції залишкових кількостей пестицидів у ґрунтовому покриві та зменшує антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище. Науково-виробнича сутність локально-стрічкового застосування гербіцидів полягає в диференційованому розподілі робочого розчину: препарат вноситься не суцільним способом, а винятково на ділянки, які не підлягають якісному міжрядному механічному обробітку, зокрема в захисні зони рядків завширшки 30–35 см. Аналіз виробничого досвіду низки агрогосподарств засвідчує високу ефективність зазначеного технологічного рішення. Проте у більшості випадків спостерігався деструктивний механічний вплив робочих органів сівалок або культиваторів, які розсували оброблений шар ґрунту, що призводило до вторинної забур'яненості захисних смуг. Метою цього дослідження є теоретичне обґрунтування та розробка технічного рішення для усунення зазначеного технологічного недоліку.

### 1.4 Будова та робота удосконаленого агрегату

Компонування машинно-тракторного агрегату та технологічна схема внесення гербіцидів визначаються фізико-хімічними властивостями й регламентом застосування відповідних препаратів. У разі застосування гербіцидів, які не потребують глибокої заробки у ґрунт, технологічний процес

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

суміщають із проведенням сівби у межах єдиного посівного агрегату. Для цього обприскувач монтується на трактор, агрегований із сівалкою, а розпилувачі робочого розчину розташовують у просторі між задньою стінкою сошника та загортачами посівної секції сівалки СУПН-8А. Загортачі покривають оброблену препаратом поверхню рядка дрібногрудкуватим шаром ґрунту мінімальної товщини, що забезпечує оптимальні умови для токсичної дії гербіцидів на проростаючі бур'яни (рис. 1.6). Локально-стрічкове внесення препаратів, які потребують обов'язкового глибокого загортання у ґрунт з метою запобігання їх волатильності (зокрема Syngenta, дуалу тощо), здійснюють безпосередньо перед проведенням передпосівної культивуації. Технологічний комплекс формують на базі трактора, оснащеного підживлювально-очисним обприскувачем ПОМ-630. Конструкція просапного культиватора КРН-5,6 підлягає модернізації: її дообладнують маркерною системою з гідроприводом від сівалки СУПН-8А, а також польовою штангою із щілинними розпилувачами з комплекту ПОМ-630. Просторова конфігурація штанги адаптується до схеми розміщення посівних секцій сівалки СУПН-8А. З цією метою на штанзі виконують технологічні отвори з інтервалом 70 см для встановлення розпилувачів, тоді як решту вихідних отворів герметизують за допомогою заглушок.

Величина вильоту маркерів культиватора розраховується і встановлюється відносно крайніх розпилувачів: для правого маркера вона становить 2450 мм, для лівого — 3850 мм. Розподільну штангу монтують попереду робочих секцій культиватора з обов'язковим забезпеченням можливості регулювання її просторового положення за висотою відносно поверхні ґрунтового покриття (рис. 1.7). Задана ширина смуги локального внесення гербіциду становить 300–350 мм.

З метою якісного загортання гербіциду в ґрунт конструкцію культиватора дообладнують полицевими або дисковими загортачами, які фіксують у бічних тримачах робочих секцій симетрично один навпроти одного. У задньому гнізді гряділя шостої секції позиціонують

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

борозноутворювач, як який використовують стандартний підгортач (окучник) від культиваторів КПМ-5,6 або КПО-2,8 ПМ (без демонтажу чи з демонтажем стрілкової лапи), із забезпеченням глибини його ходу на рівні 120 мм. У подальшому технологічному циклі рух посівного агрегату у складі трактора та сівалки СУПН-8А орієнтують шляхом спрямування правого переднього колеса трактора по заздалегідь нарізаній борозні. Такий спосіб координації траєкторії руху забезпечує прецизійне (точне) суміщення сошників сівалки СУПН-8А із раніше обробленою гербіцидом смугою. Аналогічний алгоритм керування та просторового позиціонування застосовують у разі використання 6-рядних комплексів на базі сівалки СПУ-6 та культиватора КРН-4,2.

Рисунок 1.6 – Схема агрегату для одночасної сівби кукурудзи і стрічкового внесення гербіциду:

1 – трактор ПМЗ-6; 2 – місткість обприскувача ПОМ-630; 3 – пульт керування обприскувача; 4 – насос; 5 – рукава гідросистеми обприскувача; 6 – сівалка СУПН-8А; 7 – розпилювач; 8 – маркер; 9 – штанга обприскувача.

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		18

Для забезпечення стабільності ходу машин обмежувальні розтяжки начіпного пристрою трактора в культиваторному та посівному агрегатах підлягають жорсткій фіксації. Під час їх регулювання контроль здійснюють за умов забезпечення паралельності бруса культиватора (або сівалки) відносно осі задніх коліс трактора та відсутності бічного зміщення робочої машини щодо поздовжньої осі симетрії енергетичного засобу. Вилки розкосів механізму навіски трактора з'єднують із нижніми тягами через пази (подовжені отвори). Оптимальна робоча швидкість культиваторного та посівного агрегатів становить до 8 км/год. При цьому годинна продуктивність за умов чистого робочого часу складає 4,6 га, а змінна продуктивність для 8-рядного агрегату досягає 28 га.

Рисунок 1.7 – Схема агрегату для стрічкового внесення і загортання гербіцидів у ґрунт з наступним висівом кукурудзи у стрічки:

1, 8 – трактори ПМЗ-6; 2 – резервуар обприскувача ПОМ-630; 3 – пульт керування обприскувачем; 4 – насос; 5 – рукава гідросистеми обприскувача; 6 – культиватор КРН-5,6А; 7 – розпилювач; 9 – сівалка СУПН-8А; 10 – борозноутворювач; 11 – маркер; 12 – штанга обприскувача.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Незалежно від способу внесення гербіцидів – суцільного чи стрічкового – в обох технологічних варіантах необхідно виконати весняне вирівнювання поверхні ґрунту. Безпосередньо перед внесенням гербіцидів слід провести суцільну культивуацію на глибину загортання насіння.

Пристосування для переобладнання культиватора КРН-5,6 з метою здійснення стрічкового внесення гербіцидів включає такі елементи:

- перехідники для кріплення маркерів від сівалки СУПН-8А – 2 шт., виготовлені з труби перерізом 80×80 мм, довжиною 700 мм;
- полежувачі для кріплення штанги до рами культиватора – 2 шт., виконані зі смугової сталі перерізом 40×4 мм, довжиною 1400 мм;
- стрем'янки для фіксації перехідників і полежувачів до рами культиватора – 8 шт., виготовлені з пруткової сталі діаметром 10 мм.

Загальна маса пристосування становить 17–20 кг.

Технологія догляду за посівами передбачає проведення однієї або двох міжрядних обробок. Перед виконанням міжрядного обробітку або одночасно з ним посіви необхідно обробляти страховими гербіцидами, зокрема препаратами на основі 2,4-Д, мезотріону та інших дозволених діючих речовин. Для внесення страхових гербіцидів під час міжрядного обробітку обприскувач агрегується з просапним культиватором. Розпилувальні пристрої при цьому розміщують на рамі культиватора таким чином, щоб обробці підлягали виключно зони розташування рядків культурних рослин.

Залежно від ступеня забур'яненості міжрядь ґрунт обробляють один або два рази на глибину 5–6 см. Повторний міжрядний обробіток доцільно виконувати за висоти рослин кукурудзи 35–40 см із одночасним присипанням бур'янів, що з'явилися в рядках, за допомогою спеціальних загортачів.

Загортачі встановлюють на глибину 6–7 см, забезпечуючи відкидання ґрунту в напрямку рядка та засипання бур'янів. У результаті такого агротехнічного заходу бур'яни гинуть під шаром ґрунту. У центральній частині міжрядь рекомендується встановлювати стрілчасті лапи для ефективного розпушування ґрунту та знищення бур'янів.

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20

Рисунок 1.8 – Розташування робочих органів культиватора при міжрядному обробітку: 1 – лапа стрілочата (смуга захвату 220 мм); 2 – двостороння лапа-бритва; 3 – борінка прополочна КЛТ-38.

Рисунок 1.9 – Розташування робочих органів культиватора при міжрядному обробітку з пригортанням бур'янів шаром землі:

1 – лапа стрілочата; 2 – загортач дисковий; 3 – борінка прополочна КЛТ-38.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі незначної забур'яненості посівів кукурудзи та відсутності ґрунтової кірки допускається проведення лише одного міжрядного обробітку з одночасним присипанням бур'янів у рядках.

Технологія стрічкового внесення гербіцидів із використанням переобладнаного культиватора КРН-5,6 та сівалки СУПН-8А може бути ефективно застосована також під час вирощування соняшнику. Використання зазначеного комплексу машин забезпечує локальне внесення гербіцидів у зони рядків культури, що сприяє підвищенню ефективності захисту рослин та зменшенню витрат препаратів.

### **1.5 Мета за завдання роботи**

Метою дипломної роботи є розробка конструкції агрегату для стрічкового внесення і загортання гербіцидів у ґрунт, який забезпечуватиме ефективно локальне внесення препаратів, зниження їх витрат, підвищення якості обробітку та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих технологій і технічних засобів для внесення гербіцидів;
- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему агрегату;
- виконати конструктивні та технологічні розрахунки;
- визначити основні параметри та режими роботи агрегату;
- оцінити економічну ефективність запропонованої конструкції;
- розглянути питання охорони праці та екологічної безпеки при експлуатації агрегату.

Об'єктом дослідження є технологічний процес стрічкового внесення і загортання гербіцидів у ґрунт.

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

Предметом дослідження є конструктивні та технологічні параметри агрегату для внесення гербіцидів.

Практичне значення роботи полягає у створенні конструкції агрегату, який дозволить підвищити ефективність використання гербіцидів, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити екологічно безпечне виконання технологічного процесу.

Результати роботи можуть бути використані у сільськогосподарських підприємствах різних форм власності для удосконалення технологій захисту рослин та підвищення ефективності механізованих процесів у рослинництві.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Технологія виготовлення агрегату для внесення гербіцидів

Агрегат призначений для стрічкового внесення та загортання гербіцидів у ґрунт під час міжрядного обробітку просапних культур. Основою конструкції є рама культиватора КРН-5,6, на якій встановлені робочі органи, кронштейни кріплення та механізми регулювання [5].

Виготовлення агрегату може здійснюватися в умовах ремонтно-механічної майстерні або машинобудівного підприємства із застосуванням заготівельних, механічних, зварювальних та складальних операцій.

Технологічна схема виготовлення конструкторської розробки представлена на рис. 2.1.

Спочатку необхідно виготовити окремі деталі. Виготовлення кронштейнів кріплення проводимо із сталі Ст3. Технологічний процес відбувається в наступній послідовності: розмітка листового прокату відповідно до креслень; різання заготовок на гільйотинних ножицях або плазмовій установці; свердління монтажних отворів на свердлильному верстаті; зняття задилок та зачистка крайок; контроль геометричних розмірів.

Для виготовлення хомутів і затискачів використовуємо смугову сталь товщиною 4–6 мм. Послідовність операцій наступна: різання смуги на заготовки; гнуття на пресі або вальцях; свердління отворів; нарізання різьби; контроль розмірів.

Виготовлення стійок та несучих елементів виконуємо із квадратної труби 80×80×4 мм. Технологічні операції проводимо в наступній послідовності: розкрій профільної труби на стрічкопилковому верстаті; торцювання кінців; свердління отворів для кріплення; приварювання допоміжних елементів; зачистка зварних швів.

Підгортальні лемеші виготовляються із конструкційної або легованої сталі з підвищеною зносостійкістю. Технологія виготовлення: вирізання

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

заготовок; штампування або гнуття робочої поверхні; механічна обробка посадкових поверхонь; термічна обробка ріжучих крайок; шліфування та контроль якості [6-8].

Рисунок 2.1 – Технологічна схема виготовлення агрегату для стрічкового внесення та загорання гербіцидів у ґрунт

Після виготовлення деталей виконують складання зварних вузлів.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні операції:

1. Укладання деталей у складальні пристрої.
2. Виставлення взаємного положення згідно з кресленням.
3. Прихоплення деталей.
4. Контроль розмірів.
5. Остаточне зварювання напівавтоматом у середовищі захисного газу CO<sub>2</sub>.
6. Очищення швів від шлаку та бризок металу.
7. Візуальний контроль якості зварних з'єднань.

Особливу увагу приділяють якості зварних швів рамних конструкцій, оскільки вони сприймають основні експлуатаційні навантаження [9, 10].

Після завершення зварювальних робіт виконують механічну обробку. При цьому калібрують посадкові поверхні, розсвердлюють отвори до остаточного розміру, нарізають різьбу, перевіряють співвісності та паралельності елементів.

Наступним етапом є складання агрегату. Складання здійснюється у такій послідовності:

1. Установлення кронштейнів на раму культиватора.
2. Монтаж робочих органів.
3. Установлення механізму підйому маркерів.
4. Монтаж кріпильних елементів.
5. Регулювання положення секцій.
6. Перевірка надійності всіх різьбових з'єднань.

Під час складання використовують стандартні кріпильні вироби: болти, гайки та шайби класу міцності не нижче 8.8 [11, 12].

Після складання агрегату наносимо захисне покриття. Для захисту від корозії поверхні агрегату проводимо: очищення від окалини та мастила, знежирення, нанесення ґрунтовки типу ГФ-020, сушіння, фарбування емаллю ПФ-133, остаточне сушіння покриття.

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

В подальшому виконуємо контроль якості готового виробу, який включає: перевірку комплектності; контроль геометричних розмірів; перевірку якості зварних швів; перевірку роботи механізмів регулювання; контроль надійності кріплень; пробне агрегування з трактором класу тяги 14 кН.

На останньому етапі проводимо польові випробування, які полягають в перевірці стійкості руху агрегату, контролі глибини обробітку, перевірці рівномірності внесення гербіцидів, оцінці якості загортання препарату в ґрунт, визначенні продуктивності агрегату.

За результатами випробувань виконують остаточне регулювання та передають агрегат в експлуатацію.

## 2.2 Маршрутна карта технологічного процесу виготовлення агрегату

Згідно технологічній схемі виготовлення агрегату для стрічкового внесення та загортання гербіцидів у ґрунт, розробляємо маршрутну карту, де наведено найменування операції, обладнання, оснащення та інструмент, розряд робіт [13-16].

Таблиця 2.1 – Маршрутна карта технологічного процесу виготовлення агрегату

№ операції	Найменування операції	Обладнання	Оснащення та інструмент	Розряд робіт
005	Отримання та складування матеріалів	Склад металопрокату	Стелажі, вантажопідіймальні засоби	2
010	Розмітка заготовок деталей рами	Розмічальна плита	Лінійка, рулетка, рисувалка, кутник	3
015	Різання профільної труби та	Стрічкопилковий верстат, гільйотина	Вимірювальний інструмент	3

№ операції	Найменування операції	Обладнання	Оснащення та інструмент	Розряд робіт
	листового металу			
020	Зачищення крайок після різання	Верстак	Шліфувальна машина	3
025	Свердління отворів у деталях кріплення	Свердлильний верстат 2A125	Свердла, кондуктори	3
030	Виготовлення хомутів та кронштейнів	Прес або листозгинальний верстат	Штампи, оправки	4
035	Виготовлення стійок робочих органів	Свердлильний та відрізний верстати	Кондуктори, шаблони	4
040	Виготовлення робочих органів (лемешів)	Прес, шліфувальний верстат	Штампи, шаблони	4
045	Термічна обробка робочих органів	Термічна піч	Пристрої для гартування	4
050	Комплектування деталей вузлів	Складальна дільниця	Комплект пристосувань	3
055	Попереднє складання вузлів	Складальний стенд	Струбцини, шаблони	4
060	Прихоплювання деталей зварюванням	Зварювальний пост	Напівавтомат, засоби захисту	4
065	Зварювання рами та кронштейнів	Зварювальний пост	Напівавтомат MIG/MAG	5
070	Очищення та контроль зварних швів	Верстак	Шліфувальна машина, шаблони	4
075	Механічна доробка після зварювання	Свердлильний верстат	Свердла, мітчики	4
080	Загальне складання агрегату	Складальний стенд	Монтажний інструмент	4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд\_31[2].08.00.00.000 ПЗ

Аркуш

28

№ операції	Найменування операції	Обладнання	Оснащення та інструмент	Розряд робіт
085	Монтаж механізму маркерів	Складальний стенд	Ключі, шаблони	4
090	Регулювання робочих органів	Регулювальний стенд	Вимірювальний інструмент	4
095	Підготовка поверхонь до фарбування	Фарбувальна дільниця	Щітки, розчинники	3
100	Грунтування поверхонь	Фарбувальна камера	Пневморозпилювач	3
105	Фарбування агрегату	Фарбувальна камера	Фарбопульт	3
110	Сушіння покриття	Сушильна камера	-	2
115	Остаточний контроль якості	Контрольна дільниця	Вимірювальний інструмент	4
120	Приймально-здавальні випробування	Випробувальний майданчик	Трактор, вимірювальні засоби	5
125	Маркування та здача на склад готової продукції	Склад готової продукції	Маркувальний інструмент	2

### 2.3 Операційна карта виготовлення деталі

Для прикладу розробимо операційну карту (табл. 2.2) виготовлення деталі «Скоба», яка зображена на рис. 2.2.

Технологічними вимогами є [17-20]:

- Матеріал: круг Ø8 мм зі сталі Ст3.
- Довжина заготовки до гнуття – 125 мм.
- Внутрішній радіус вигину – R17 мм.
- Різьба на кінцях – М8-6g, довжина 25 мм.
- Шорсткість поверхні різьби – Ra 3,2.

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						29
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- Шорсткість інших поверхонь – Ra 25.
- Допуск невказаних розмірів згідно з кресленням.

Рисунок 2.2 – Креслення деталі «Скоба»

Таблиця 2.2 – Операційна карта виготовлення деталі «Скоба»

№ опер.	Найменування операції	Обладнання	Оснастка та інструмент	Зміст операції
005	Заготівельна	Відрізний верстат або стрічкопильний	Лінійка, штангенциркуль, відрізний круг	Відрізати заготовку із круглого прокату Ø8 мм довжиною 125 мм.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

№ опер.	Найменування операції	Обладнання	Оснастка та інструмент	Зміст операції
010	Контрольна	Верстак	Штангенциркуль	Перевірити довжину заготовки.
015	Розмічальна	Верстак	Розмічальна плита, рисувалка, штангенциркуль	Нанести місця початку вигину та довжину різбової частини.
020	Гнуття	Гідравлічний прес або згинальний пристрій	Шаблон радіуса R17	Зігнути заготовку у формі скоби, забезпечивши внутрішній радіус R17 та ширину між осями 42 мм.
025	Контроль після гнуття	Верстак	Штангенциркуль, шаблон	Перевірити геометричні розміри скоби: ширину 42 мм, висоту 60 мм, симетричність.
030	Підготовка кінців під різьбу	Токарний верстат (за потреби) або слюсарне місце	Напилоч, фаскознімач	Зняти фаски на кінцях прутка для полегшення нарізання різьби.
035	Нарізання різьби	Різьбонарізний верстат або слюсарний верстак	Плашка М8, вороток, мастило	Нарізати різьбу М8-6g на обох кінцях довжиною 25 мм.
040	Зачищення	Верстак	Напилки, шліфувальна шкурка	Видалити задирки та гострі кромки після нарізання різьби.
045	Остаточний контроль	Стіл контролера	Штангенциркуль, різбовий калібр М8	Перевірити всі розміри креслення та якість різьби.
050	Консервація та здача	Робоче місце	Ганчір'я, мастило	Очистити деталь, нанести захисне мастило,

№ опер.	Найменування операції	Обладнання	Оснастка та інструмент	Зміст операції
				здати на склад або в комплектування.

Після виготовлення деталі «Скоба» необхідно проконтролювати такі параметри:

- загальну висоту скоби — 60 мм.
- відстань між стрижнями — 42 мм.
- симетричність вигину.
- довжину різьбової частини — 25 мм.
- якість різьби калібром М8-6g.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розрахунок кінцевої секції штанги на міцність

Для розрахунку попередньо приймаємо, що діаметр зовнішньої труби  $D=38$  мм, товщина  $S=3$  мм і  $q=2,45$  кг/м = 24,5 Н/м [19, 20].

Момент опору поперечного перерізу труби визначаємо за формулою:

$$W_x = \frac{\pi}{32} \cdot (D^3 - d^3), \quad (3.1)$$

де  $D$  і  $d$  – зовнішній і внутрішній діаметр труби, м.

$$W_x = \frac{3,14}{32} \cdot (0,03^3 - 0,024^3) = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Розрахунок балки проводимо як розрахунок консольної балки. Найбільший згинальний момент буде діяти в місці защемлення і він дорівнює:

$$M_{\max} = 0,5 \cdot P_y \cdot l_1 + 0,5 \cdot q \cdot l, \quad (3.2)$$

де  $P_y$  – вага гідроциліндра, Н;

$l_1$  – відстань до шарніра циліндра, м;

$q$  – вага погонного метра труби, Н/м;

$l$  – довжина секції, м.

$$M_{\max} = 0,5 \cdot 200 \cdot 0,2 + 0,5 \cdot 24,5 \cdot 3 = 130,3 \text{ Н/м.}$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.5 – Розрахункова схема кінцевої штанги та епюри поперечних сил та згинальних моментів

Найбільша поперечна сила також буде діяти в місці защемлення і буде дорівнювати:

$$Q_{\max} = 0,5 \cdot P_y + q \cdot l. \quad (3.3)$$

$$Q_{\max} = 0,5 \cdot 200 + 24,5 \cdot 3 = 173,5 \text{ Н.}$$

Умова міцності:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma], \quad (3.4)$$

де  $M_{\max}$  – максимальний згинальний момент, Н·м;

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$W$  – момент опору перерізу, м<sup>3</sup>;

$[\sigma]$  – допустима напруга на згин,  $[\sigma] = 160$  МПа.

$$\sigma_{\max} = \frac{130,3 \cdot 10^{-6}}{1,2 \cdot 10^{-6}} = 108,5 \text{ МПа.}$$

$\sigma_{\max} = 108,5 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$  – умова міцності виконана.

### 3.2 Розрахунок на жорсткість

Умова жорсткості:

$$f_{\max} \leq [f], \quad (3.5)$$

де  $f_{\max}$  – максимальний прогин, м;

$[f]$  – допустимий прогин, м.

$$[f] = (0,001 \dots 0,004) \cdot l, \quad (3.6)$$

де  $l$  – довжина секції, м.

$$[f] = (0,001 \dots 0,004) \cdot 3 = 0,003 \dots 0,012 \text{ м.}$$

Осьовий момент інерції поперечного перерізу труби секції складає:

$$J = \frac{3,14}{64} \cdot (D^4 - d^4). \quad (3.7)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$J = \frac{3,14}{64} \cdot (0,03^4 - 0,024^4) = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Розрахункова стріла прогину буде дорівнювати:

$$f_{\max} = \frac{0,5 \cdot P_y \cdot (3 \cdot l_1^2 \cdot l - l_1^3)}{6 \cdot E \cdot J} + \frac{q \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot J}, \quad (3.8)$$

де  $P_y$  – сила ваги гідроциліндра, Н;

$l$  – довжина секції, м;

$l_1$  – відстань до підвіски циліндра, м;

$E$  – модуль пружності,  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа;

$q$  – вага погонного метру труби, Н/м;

$J$  – осьовий момент інерції, м<sup>4</sup>.

Рисунок 3.6 – Розрахункова схема проміжної секції і епюри поперечних сил і згинальних моментів

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_{\max} = \frac{0,5 \cdot 200 \cdot (3 \cdot 0,2^2 \cdot 3 - 0,2^3)}{6 \cdot 21 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} + \frac{24,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3^4}{8 \cdot 21 \cdot 10^5 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6}} = 0,0118 \text{ м.}$$

Умова  $f_{\max} \leq [f]$  виконується.

### 3.3 Розрахунок проміжної секції і розтяжки

Для розрахунку проміжної секції попередньо приймаємо, що секція виготовлена із сталюї труби зовнішнім діаметром  $D = 50$  мм, товщина стінки  $S = 3,5$  мм, вага одного погонного метра  $q = 4$  Н/м.

Визначаємо опорні реакції:

$$\sum M_A = 0; q_1 \cdot 6,5 \cdot 3,25 + P_y \cdot 6,25 - F_C \cdot \sin \alpha \cdot 6,5 + q_2 \cdot 3 \cdot 8 = 0 \quad (3.9)$$

$$\text{Звідки: } F_C = \frac{q_1 \cdot 6,5 \cdot 3,25 + P_y \cdot 6,25 + q_2 \cdot 3 \cdot 8}{\sin \alpha \cdot 6,5} = 2970 \text{ Н.}$$

$$\sum M_C = 0; F_A \cdot 6,5 - q_1 \cdot 6,5 \cdot 3,25 + P_y \cdot 0,25 + q_2 \cdot 3 \cdot 1,5 = 0 \quad (3.10)$$

$$\text{Звідки: } F_A = \frac{q_1 \cdot 6,5 \cdot 3,25 + P_y \cdot 0,25 + q_2 \cdot 3 \cdot 1,5}{6,5} = 120,7 \text{ Н.}$$

Перевіримо правильність числових значень опорних реакцій:

$$F_A - q_1 \cdot 6,5 - P_y + F_C \cdot \cos 82^\circ - q_2 \cdot 3 = 0 \quad (3.11)$$

$$120,7 - 40 \cdot 6,5 - 200 + 2970 \cdot 0,139 - 24,5 \cdot 3 = 0$$

Побудова епюр поперечних сил  $Q$ .

Ділянка I: переріз  $D$ ,  $Q_D = 0$ ;

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{переріз } C, Q_C = -q_2 \cdot 3;$$

$$Q_C = -24,5 \cdot 3 = -73,5 \text{ Н.}$$

Ділянка II: переріз  $C$ ,  $Q_C = -q_2 \cdot 3 + F_C \cdot \cos 82^\circ$

$$Q_C = -24,5 \cdot 3 + 2970 \cdot 0,139 = 339,3 \text{ Н.}$$

переріз  $B$ ,  $Q_B = -q_2 \cdot 3 + F_C \cdot \cos 82^\circ - P_y - q_1 \cdot 0,25$

$$Q_B = -24,5 \cdot 3 + F_C \cdot 0,139 - 200 - 40 \cdot 0,25 = 129,3 \text{ Н.}$$

Ділянка III: переріз  $A$ ,  $Q_A = -q_2 \cdot 3 + F_C \cdot \cos 82^\circ - P_y - q_1 \cdot 6,5$

$$Q_A = -24,5 \cdot 3 + 2970 \cdot 0,139 - 200 - 40 \cdot 6,5 = -120,7 \text{ Н.}$$

Побудова епюр згинальних моментів  $M$ .

Ділянка I: переріз  $D$ ,  $M_D = 0$ ;

$$\text{переріз } C, M_C = \frac{-q_2 \cdot 3^2}{2};$$

$$M_C = \frac{-24,5 \cdot 9}{2} = -110,3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ділянка II: переріз  $C$ ,  $M_C = \frac{-q_2 \cdot 3^2}{2}$

$$M_C = \frac{-24,5 \cdot 3^2}{2} = -110,3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

переріз  $B$ ,  $M_B = -q_2 \cdot 3 \cdot 1,75 + F_C \cdot \cos 82^\circ \cdot 0,25$

$$M_B = -24,5 \cdot 3 \cdot 1,75 + 2970 \cdot 0,139 \cdot 0,25 = -25,4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ділянка III: переріз  $A$ ,

$$M_A = -q_2 \cdot 3 \cdot 8 + F_C \cdot \cos 82^\circ \cdot 6,5 - P_y \cdot 6,25 - q_1 \cdot 6,5 \cdot 3,25$$

$$M_A = -24,5 \cdot 3 \cdot 8 + 2970 \cdot 0,139 \cdot 6,5 - 200 \cdot 6,25 - 40 \cdot 6,5 \cdot 3,25 = 0$$

$$M_{III} = -q_2 \cdot 3 \cdot 5 + F_C \cdot \cos 82^\circ \cdot 3,5 - P_y \cdot 3,25 - q_1 \cdot 6,5 \cdot 0,25$$

$$M_{III} = -24,5 \cdot 3 \cdot 5 + 2970 \cdot 0,139 \cdot 3,5 - 200 \cdot 3,25 - 40 \cdot 6,5 \cdot 0,25 = 362 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Найбільший згинальний момент буде дорівнювати  $M_{\max} = 362 \text{ Н} \cdot \text{м.}$

Перевіримо переріз труби секції по умові міцності використовуючи формулу (3.4)

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Осьовий момент опору перерізу визначаємо за формулою (3.1)

$$W_x = \frac{3,14}{32} \cdot (0,05^3 - 0,043^3) = 4,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

$$\sigma_{\max} = \frac{362 \cdot 10^{-6}}{4,4 \cdot 10^{-6}} = 82,3 \text{ МПа}.$$

Умова міцності  $\sigma_{\max} = 82,3 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$  виконується.

### 3.4 Розрахунок проміжної секції на жорсткість

Умова міцності:  $f_{\max} \leq [f]$

$$[f] = (0,001 \dots 0,004) \cdot l = (0,001 \dots 0,004) \cdot 6,5 = 0,0065 \dots 0,26 \text{ м}.$$

Осьовий момент інерції поперечного перерізу труби секції становить:

$$J = \frac{3,14}{64} \cdot (0,05^4 - 0,043^4) = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Максимальна розрахункова стріла прогину розраховується за формулою:

$$f_{\max} = \frac{P_y \cdot (3 \cdot l_1^2 \cdot l - l_1^3)}{6 \cdot E \cdot J} + \frac{5 \cdot q_1 \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J}, \quad (3.12)$$

де  $P_y$  – вага гідроциліндра, Н;

$l_1$  – відстань до центру тяжіння циліндра, м;

$q_1$  – вага погонного метра труби, Н/м;

$l$  – довжина секції, м;

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$E$  – модуль пружності,  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа;

$J$  – осьовий момент інерції, м<sup>4</sup>.

$$f_{\max} = \frac{200 \cdot (3 \cdot 0,25^2 \cdot 6,5 - 0,25^3)}{6 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} + \frac{5 \cdot 40 \cdot 6,5^4}{384 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} = 0,0229 \text{ м.}$$

Умова жорсткості виконана

$$f_{\max} = 0,0229 < [f] = 0,026.$$

### 3.5 Вибір канату для розтягу

Діаметр розтяжки розраховуємо з умови допустимої напруги на розтяг

$$\sigma_p = \frac{F}{A} < [\sigma_p], \quad (3.13)$$

де  $F$  – сила діюча на розтяг, Н;

$A$  – площа поперечного перерізу розтяжки, мм<sup>2</sup>;

$[\sigma_p]$  – допустиме зусилля на розтяг,

$[\sigma_p] = 120 \dots 160$  Н/мм<sup>2</sup>.

Площа поперечного перерізу розтяжки визначається за формулою:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.14)$$

де  $d$  – діаметр розтяжки, мм.

Приймаємо сталевий канат діаметром  $d = 5,5$  мм конструкції  
6 x 19 (1+6+12)+10 с. ГОСТ 3070-74.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.6 Розрахунок ваги маятника

Рисунок 3.7 – Розрахункова схема для визначення ваги маятника

З рівняння рівності моментів (рис. 3.7) отримуємо:

$$P_{\text{ц}} \cdot l_{\text{ц}} = P_{\text{М}} \cdot l_{\text{М}}, \quad (3.15)$$

де  $P_{\text{ц}}$  – вага гідроциліндра, Н;

$l_{\text{ц}}$  – відстань від центру тяжіння циліндра до осі маятника, м;

$l_{\text{М}}$  – відхилення маятника, необхідне для утримання штанги в горизонтальному положенні, м.

Визначаємо вагу маятника, який необхідний для підтримки штанги в горизонтальному положенні.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_M = \frac{P_y \cdot l_y}{l_M} \quad (3.16)$$

$$P_M = \frac{100 \cdot 0,25}{0,02} = 1250 \text{ Н.}$$

### 3.7 Розрахунок осі штанги і маятника

Найбільший згинаючий момент буде в перерізі заробки А.

$$M_{\max} = P_M \cdot 0,25 + P_{Ш} \cdot 0,12, \quad (3.17)$$

де  $P_M$  – вага маятника, Н;

$P_{Ш}$  – вага штанги, Н.

$$M_{\max} = 1250 \cdot 0,25 + 2000 \cdot 0,12 = 552,5 \text{ Н.}$$

Рисунок 3.8 – Розрахункова схема для визначення діаметра осі

Потрібний момент опору перерізу осі

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_x = \frac{M_{\max}}{[\sigma]}, \quad (3.18)$$

де  $[\sigma]$  – допустима напруга на згин, Н/мм<sup>2</sup>.

$$W_x = \frac{552,5}{120 \cdot 10^6} = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Діаметр осі розраховуємо за формулою:

$$d = \frac{(32 - W_x)}{\pi}. \quad (3.19)$$

$$d = \frac{(32 - 4,6 \cdot 10^{-6})}{3,14} = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ м або } d = 36 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр осі  $d = 40$  мм.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Економічна ефективність конструкторської розробки

Проектований агрегат (новий варіант) складається із трактора ПМЗ-6, культиватора КРН-5,6А та обприскувача-підживлювача ПОМ-630. В процесі роботи цього агрегату суміщаються дві операції: передпосівна культивація та стрічкове внесення гербіцидів.

Порівняння показників роботи цього агрегату здійснюють з базовим варіантом, при якому гербіциди спочатку потрапляють на поверхню поля суцільним внесенням, а потім заробляються у ґрунт. Гербіциди вносять агрегатом, що складається з трактора ПМЗ-6 та обприскувача-підживлювача ПОМ-630, а заробка у ґрунт агрегатом у складі КРН-5,6А. Гербіцидам, що потребують глибокої заробки та змішування з ґрунтом, заробка відбувається агрегатом, що складається з трактора ХТЗ-171 та важкої борони БДТ-7А.

Визначаємо економічні показники проектованого агрегату [21, 22].

1. За агротехнічними вимогами приймаємо діапазон рекомендованих швидкостей руху агрегату [3]

$$V_{оп} = 7 \dots 9 \text{ км/год.}$$

2. За технічною характеристикою трактора ПМЗ-6 приймаємо IV робочу передачу, теоретична швидкість руху на якій дорівнює 8,9 км/год, а тягове зусилля – 14 кН.

3. Перевіримо наявність роботи агрегату на цій передачі.

Визначаємо опір агрегату

$$R_u = K_v \cdot B + G_0 \cdot f_T + (G_0 + G_K) \cdot i, \quad (4.1)$$

де  $K_v$  – опір культиватора з врахуванням швидкості руху, кН/год;

$B$  – конструктивна ширина захвату агрегату, м;

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$G_0$  – вага обприскувача, кН;

$f_T$  – коефіцієнт опору перекочування трактора;

$G_K$  – вага культиватора, кН;

$i$  – нахил місцевості (приймаємо  $i = 0,03$ ).

Питомий опір культиватора дорівнює:

$$K_V = K \cdot [1 + T_{II} \cdot (V - V_0)], \quad (4.2)$$

де  $K$  – питомий опір ґрунту при швидкості руху агрегату  $V_0 = 5$  км/год.

Приймаємо  $K = 1,6$  кН/м;

$T_{II}$  – темп приросту питомого опору. Приймаємо  $T_{II} = 0,04$ ;

$V$  – робоча швидкість руху агрегату, км/год.

$$K_V = 1,6 \cdot [1 + 0,04 \cdot (8,9 - 5)] = 1,9 \text{ кН/м.}$$

З довідкових даних приймаємо:

$$B = 5,6 \text{ м; } G_0 = 7 \text{ кН; } G_K = 13,4 \text{ кН; } f_T = 0,12.$$

Підставивши значення величин в формулу (4.1) одержимо:

$$R_a = 1,9 \cdot 5,6 + 7 \cdot 0,12 + (7 + 13,4) \cdot 0,03 = 12,1 \text{ кН.}$$

Тягове зусилля трактора з врахуванням нахилу місцевості дорівнює:

$$P_{кр} = P_{кр.н} - G_T \cdot i, \quad (4.3)$$

де  $P_{кр.н}$  – номінальне тягове зусилля на заданій передачі,  $P_{кр.н} = 14$  кН;

$G_T$  – вага трактора,  $G_T = 32$  кН.

$$P_{кр} = 14 - 32 \cdot 0,03 = 13 \text{ кН.}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора дорівнює:

$$\eta = \frac{R_a}{P_{кр}}. \quad (4.4)$$

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta = \frac{12,1}{13} = 0,93.$$

Рекомендовані значення  $\eta = 0,85 \dots 0,95$ , отже агрегат скомплектований правильно.

4. Визначаємо продуктивність агрегату за годину змінного часу:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (4.5)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату агрегату,  $B_p = 5,6$  м;

$V_p$  – робоча швидкість руху, км/год;

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Робоча швидкість руху дорівнює:

$$V_p = V_T (1 - \delta), \quad (4.6)$$

де  $\delta$  – буксування коліс трактора, приймаємо  $\delta = 0,1$ .

Тобто:  $V_p = 8,9 \cdot (1 - 0,1) = 8$  км/год.

На підставі довідкових даних приймаємо  $\tau = 0,63$ .

Тоді:  $W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 5,6 \cdot 8 \cdot 0,63 = 2,8$  га/год.

Затрати робочого часу на одиницю роботи складуть

$$H = \frac{n_M}{W_{\text{год}}}, \quad (4.7)$$

де  $n_M$  – кількість механізаторів та допоміжних працівників на агрегаті,  
 $n_M = 1$ .

$$H = \frac{1}{2,8} = 0,36 \text{ год/га.}$$

Витрати пального на одиницю роботи складуть:

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \frac{N_{ен} \cdot q_e \cdot K_з}{W_{\infty}}, \quad (4.8)$$

де  $N_{ен}$  – номінальна потужність двигуна,  $N_{ен} = 55,2$  кВт;

$q_e$  – витрата палива двигуном трактора,  $q_e = 0,25$  кг/кВт·год;

$K_з$  – коефіцієнт завантаження двигуна для робіт середньої енергоємності,  $K_з = 0,65 \dots 0,7$ .

$$Q = \frac{55,2 \cdot 0,25 \cdot 0,67}{2,8} = 3,31 \text{ кг/га.}$$

Аналогічно розраховуємо базовий варіант виконання операцій і дані заносимо у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняльні показники роботи агрегатів на внесенні та зарубці гербіцидів у ґрунт

Варіант	Склад агрегату		Економічні показники агрегатів		
	Марка трактора	Марка с.г. машини	Продуктивність, га/год	Затрати робочого часу, год/га	Витрата палива, кг/га
Новий	ПМЗ-6	КРН-5,6А ПОМ-630	2,8	0,36	3,31
Базовий	ПМЗ-6	КРН-5,6А	4,5	0,22	1,50
	ПМЗ-6	ПОМ-630	3,5	0,28	3,01
Базовий разом			–	0,50	4,51

Отже, новий варіант по всім економічним показникам, окрім продуктивності, перевищує базовий. Зниження продуктивності компенсується тим, що витрата палива зменшується на 26,6%, а приведені витрати – на 24%. Впровадження даного проектованого агрегату дасть можливість на площі 250 га досягти економії праці 35 год (станом на 06.05.2026 р. годинна оплата праці становить 120грн/год.), економії пального 300 кг (станом на 06.05.2026 р., ціна

дизельного палива становить 80 грн/кг). Крім цього економиться близько 50% гербіциду типу Syngenta.

Очікуваний річний економічний ефект за рахунок суміщення операцій внесення і заробки гербіциду в ґрунт складе:

$$E_p = (P_{zi} - P_{zn}) \cdot S, \quad (4.9)$$

де  $P_{zi}$ ,  $P_{zn}$  – приведені витрати за існуючої і проектованої технології, грн./га;

$S$  – площа оброблена гербіцидом, га.

$$E_p = 28200 \text{ грн. або } 112,8 \text{ грн/га.}$$

За рахунок економії 50% гербіциду типу Syngenta маємо:

$$E_T = (P_{Ti} - P_{TII}) \cdot S \cdot C_T, \quad (4.10)$$

де  $P_{Ti}$ ,  $P_{TII}$  – існуюча і проектована норма внесення гербіциду, л/га;

$C_T$  – ціна гербіциду, грн./л;  $C_T = 1200$  грн/л.

$$E_T = (7,0 - 3,5) \cdot 250 \cdot 1200 = 1050000 \text{ грн. або } 4200 \text{ грн/га.}$$

Отже, сумарний економічний ефект складе

$$E_p = 112,8 + 4200 = 4312,8 \text{ грн/га}$$

## 4.2 Охорона праці

Під час експлуатації агрегату для стрічкового внесення і загорання гербіцидів у ґрунт особливу увагу необхідно приділяти питанням охорони праці, оскільки технологічний процес пов'язаний із використанням мобільних машин, роботою з хімічними речовинами та виконанням польових робіт [23].

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами при роботі агрегату є [24, 25]:

- рухомі та обертові частини машин і механізмів;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- можливість контакту працівника з гербіцидами;
- запиленість повітря робочої зони;
- небезпека перекидання агрегату під час руху по нерівностях;
- підвищене фізичне навантаження на оператора;
- несприятливі метеорологічні умови.

До роботи з агрегатом допускаються особи, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктаж з охорони праці, ознайомлені з правилами безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки та вимогами щодо роботи з пестицидами й агрохімікатами.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан агрегату, надійність кріплення робочих органів, справність системи внесення гербіцидів, герметичність шлангів, з'єднань та ємностей для робочого розчину. Забороняється експлуатація агрегату при наявності підтікання гербіцидів або несправності механізмів.

Заправка ємностей гербіцидами повинна проводитись на спеціально обладнаних майданчиках із використанням засобів індивідуального захисту. Працівники повинні бути забезпечені:

- спеціальним одягом;
- гумовими рукавицями;
- захисними окулярами;
- респіраторами;
- гумовим взуттям.

Під час приготування робочого розчину необхідно суворо дотримуватись інструкцій виробника гербіцидів щодо концентрації та способу застосування препаратів. Забороняється приймати їжу, палити або пити воду під час роботи з хімічними речовинами.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

При роботі агрегату забороняється:

- перебування сторонніх осіб у зоні роботи машини;
- очищення або ремонт робочих органів при працюючому двигуні трактора;
- виконання регулювальних робіт під час руху агрегату;
- робота без захисних кожухів та огорожень;
- використання несправного обладнання.

Під час руху агрегату необхідно дотримуватись безпечної швидкості руху, особливо на поворотах, схилах та нерівних ділянках поля. Повороти слід виконувати плавно, без різких маневрів, що дозволяє уникнути втрати стійкості агрегату.

Для зменшення впливу шуму та вібрації на оператора рекомендується використовувати трактори з герметизованими кабінами, обладнаними системами вентиляції та кондиціонування повітря [26].

Після завершення роботи агрегат необхідно очистити від залишків ґрунту та гербіцидів. Промивання системи внесення слід проводити у спеціально відведених місцях із дотриманням екологічних вимог. Залишки робочого розчину та промивні води підлягають утилізації відповідно до чинних санітарних норм.

У разі потрапляння гербіциду на шкіру або в очі необхідно негайно промити уражене місце великою кількістю чистої води та звернутися за медичною допомогою. При появі ознак отруєння працівника слід негайно вивести із зони обробки та викликати медичного працівника.

Для забезпечення пожежної безпеки агрегат та трактор повинні бути оснащені справними вогнегасниками. Забороняється зберігати паливно-мастильні матеріали та гербіциди поблизу відкритого вогню або нагрівальних приладів.

Запропонована конструкція агрегату забезпечує зменшення контакту оператора з гербіцидами завдяки герметичності системи внесення та

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

локальному способу обробки ґрунту. Це сприяє підвищенню рівня безпеки праці та зниженню ризику професійних захворювань.

Отже, дотримання вимог охорони праці при експлуатації агрегату для стрічкового внесення і загортання гербіцидів у ґрунт забезпечує безпечні умови праці персоналу, знижує ризик виробничого травматизму та сприяє ефективному виконанню технологічного процесу.

### **4.3 Охорона навколишнього середовища**

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується значним використанням хімічних засобів захисту рослин, зокрема гербіцидів, що дозволяє ефективно боротися з бур'янами та підвищувати врожайність сільськогосподарських культур. Разом із тим надмірне або нераціональне застосування гербіцидів може негативно впливати на навколишнє природне середовище, викликати забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, а також негативно позначатися на стані біоценозів та здоров'ї людини [27].

У зв'язку з цим важливим напрямом розвитку аграрної техніки є створення машин і агрегатів, які забезпечують локальне та дозоване внесення засобів захисту рослин із мінімальним негативним впливом на довкілля.

Розроблений агрегат для стрічкового внесення і загортання гербіцидів у ґрунт відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та ресурсозбереження. Конструкція агрегату передбачає локальне внесення гербіцидів безпосередньо в оброблювану зону, що дозволяє значно зменшити загальну норму внесення хімічних препаратів порівняно із суцільним обприскуванням поверхні поля.

Основними екологічними перевагами запропонованої конструкції є:

- зменшення хімічного навантаження на ґрунт;
- зниження ймовірності потрапляння гербіцидів у ґрунтові та поверхневі води;
- зменшення випаровування та знесення препаратів вітром;

					<i>КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

- локалізація препарату в зоні розвитку бур'янів;
- підвищення ефективності використання гербіцидів;
- зниження негативного впливу на корисну мікрофлору та фауну ґрунту.

Важливою перевагою агрегату є одночасне загортання гербіциду у верхній шар ґрунту. Це сприяє зменшенню втрат препарату внаслідок випаровування, фотодеструкції та змивання атмосферними опадами. Крім того, загортання гербіциду забезпечує більш рівномірний розподіл препарату в оброблюваному шарі та підвищує ефективність боротьби з бур'янами [28].

Під час роботи агрегату необхідно дотримуватись екологічних та санітарних вимог щодо застосування пестицидів. Заправка агрегату гербіцидами повинна проводитись на спеціально обладнаних майданчиках із твердим покриттям, що унеможлиблює потрапляння препаратів у ґрунт. Обслуговуючий персонал повинен використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, рукавички, респіратори та захисні окуляри.

Для запобігання забрудненню навколишнього середовища після завершення роботи необхідно виконувати очищення робочих органів та ємностей у спеціально відведених місцях. Забороняється зливати залишки робочих розчинів або промивні води у водойми, на відкритий ґрунт чи в системи водовідведення.

При експлуатації агрегату слід враховувати погодні умови. Не рекомендується виконувати внесення гербіцидів за швидкості вітру понад 3–5 м/с, високої температури повітря або перед випаданням значних опадів, оскільки це може призвести до перенесення препарату за межі оброблюваної ділянки та забруднення довкілля.

Запропонована конструкція агрегату сприяє реалізації принципів точного землеробства та екологізації аграрного виробництва. Використання стрічкового способу внесення гербіцидів дозволяє знизити витрати хімічних засобів захисту рослин, підвищити екологічну безпечність технологічного процесу та зменшити антропогенне навантаження на агроєкосистеми.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, розроблений агрегат для стрічкового внесення і загортання гербіцидів у ґрунт є екологічно доцільним технічним рішенням, що забезпечує ефективне застосування гербіцидів із мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						53
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

Відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу та за результатами її виконання зроблені наступні висновки.

1. У міру інтенсифікації сільського виробництва хімічна боротьба з бур'янами набула широкого поширення при вирощуванні кукурудзи та інших просапних культур. Водночас витрати на гербіциди становлять 15–20 % від загальних витрат на вирощування кукурудзи. Завдяки стрічковому внесенню гербіцидів їхні витрати зменшуються вдвічі, рентабельність виробництва значно зростає, знижується ризик накопичення гербіцидів у ґрунті та зменшується навантаження на довкілля від гербіцидів.

2. Конструкторська частина кваліфікаційної роботи була присвячена розробці системи для стрічкового внесення гербіцидів. Культиватор КРН-5.6 необхідно дооснастити гідравлічними маркувальними блоками сівалки СУПН-8А, а також польовою штангою зі щілинними форсунками з комплекту ПОМ-630. Розпилувачі на штанзі необхідно просвердлити відповідно до розташування сівальних секцій сівалки СУПН-8А. Для цього в штанзі необхідно просвердлити отвори з інтервалом 70 см, встановити в них розпилувачі та закрити всі інші отвори заглушками.

3. Технологічна схема виготовлення агрегату для стрічкового внесення та загортання гербіцидів у ґрунт має вигляд: виготовлення деталей – зварювання вузлів – механічна обробка після зварювання – складання агрегату – захисне покриття – контроль якості – випробування агрегату.

4. Виконаний розрахунок економічної ефективності конструкторської розробки. Економічна ефективність складає 4312,8 грн/га.

5. У графічній частині роботи приведено складальні кресленики агрегату для внесення гербіцидів, кресленики складальних одиниць та окремих деталей агрегату.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Войтюк Д. Г., Гаврилук Г. Р. Сільськогосподарські машини. Київ: «Каравела», 2-е видання, 2021. 552 с.

2. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф. 2022. 220 с.

3. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : навч. посіб. у 2 томах: Т. 1. Сільськогосподарські машини та машиновикористання в рослинництві / А.С. Кобець, Г.В. Теслюк, А.М. Пугач, О.В. Золотовська, Є.І. Лепеть, В.Б. Бойко. Дніпро: ДДАЕУ, 2025. 259 с.

4. Цизь І.Є. Конструювання і розрахунок сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2016. – 172 с.

5. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. Київ : Вища школа, 1993. 320с.

6. Яковенко І. Е., Пермяков О. А., Фесенко А. В. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування. Харків : НТУ «ХП», 2022. 421с.

7. Яковенко І. Е., Пермяков О. А. Технологічні основи машинобудування. Лабораторний практикум для студентів спеціальностей 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування. Харків : НТУ «ХП», 2024. 211с.

8. Добрянський С.С., Малафєєв Ю.М. Технологічні основи машинобудування: підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 379 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Веселовська Н. Р., Руткевич В. С., Шаргородський С. А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування: Навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2019. 283 с.

10. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування. Суми : СумДУ, 2004. 98 с.

11. Горбатюк Є.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. Львів : Новий Світ – 2000, 2012. 358 с.

12 Черевко О.І., Михайлов В.М., Бабкіна І.В. Технологічні основи машинобудування. Харків : ХДУХТ, 2005. 82с.

13. Олійник С. Ю., Онищук С. Г., Тулупов В. І. Технологічні основи машинобудування : конспект лекцій для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання. Краматорськ : ДДМА, 2020. 155 с.

14. Фролов Є.А., Кравченко С.І., Попов С.В., Гнітько С.М. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія. Полтава : Технологічний Центр, 2019. 204 с.

15. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. Київ : Вища школа, 1993. 414 с.

16. Олійник С. Ю. Механоскладальні дільниці та цехи в машинобудуванні : навчальний посібник. Краматорськ : ДДМА, 2021. 260 с.

17. Когут М. С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник. Львів : Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. 352 с.

18. Ткачов Ю. В., Джур Є. О., Ніколенко Є. Ю. Технологічні основи вибору обладнання машинобудівних цехів. Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2006. 136 с.

19. Деревенько І.А., Сивак Р.І. Короткий курс опору матеріалів: Вінниця: ВНАУ, 2020. 308 с.

20. Скребцов А.А., Штанько П.К., Омельченко О.С. Опір матеріалів: Навчальний посібник для студентів інженерних спеціальностей: Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. 452 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

21. Доберчак Н.І. Економіка виробництва : навч. посібник. Львів: Новий світ-2000, 2020. 230с.

22. Петленко Ю.В. Економіка підприємства : навч. посібник. Київ : Кондор, 2024. 295 с.

23. Безпека життєдіяльності та охорона праці: підручник / В.В. Сокурєнко, О.М. Бандурка, С.М. Бортник та ін. за заг. ред. В.В. Сокурєнка; Харків. нац. ун-т внутр. справ. Харків: ХНУВС, 2021. 30 с.

24. Кошель В.І., Сав'юк Г.П., Дзундза Б.С. Основи охорони праці: навч.посіб. Івано-Франківськ: НАІР, 2020, 182 с.

25. Мелєх Л.В. Безпека життєдіяльності та охорона праці: навч.посіб. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2022. 219 с.

26. Пожарова О. В. Охорона праці: навч. посіб. Одеса, 2022. 86 с.

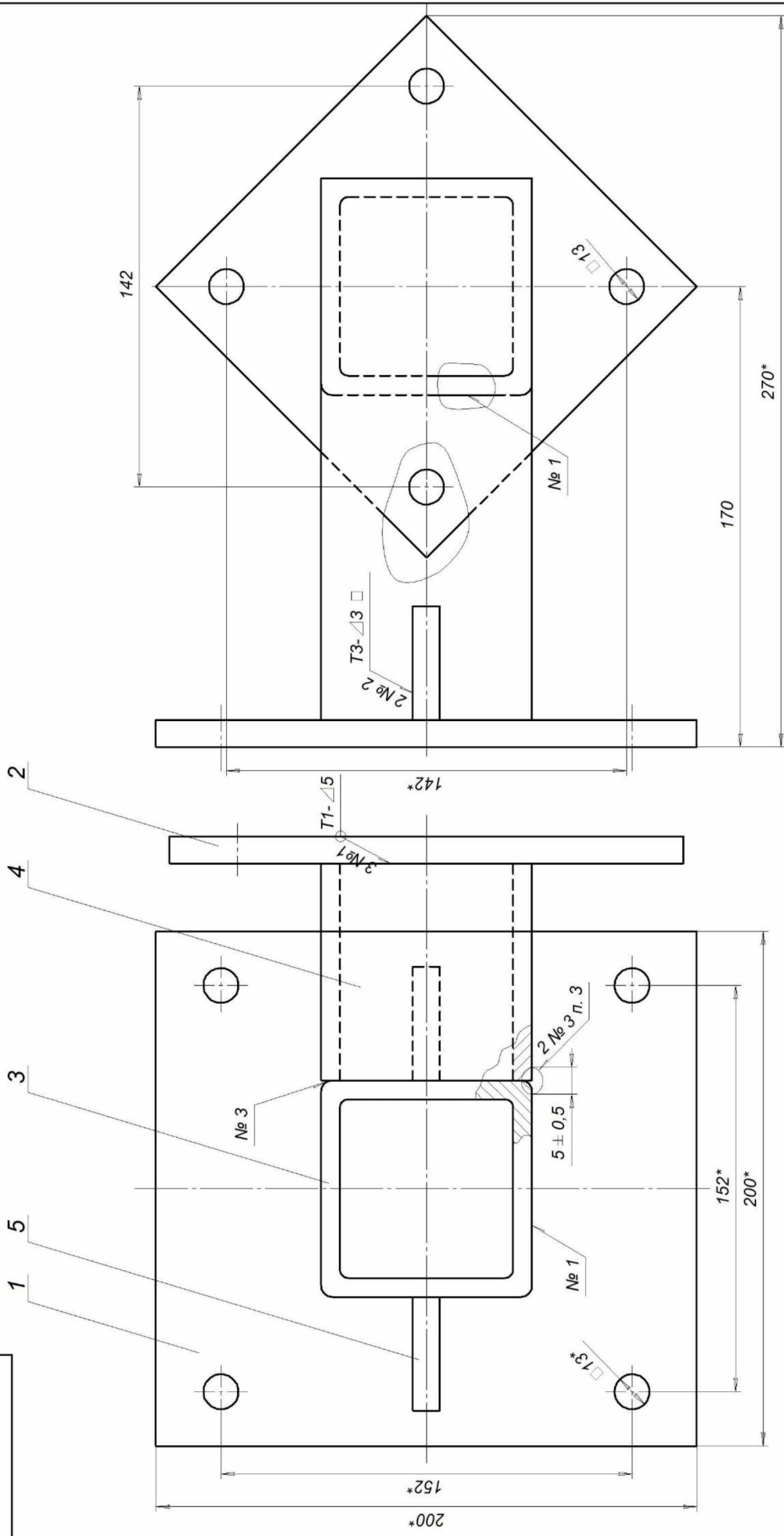
27. Волошина Н.О. Екологічна експертиза: навч. посібник. Київ : НПУ імені М.П. Драгоманова, 2017. 107 с.

28. Екологічна експертиза : навч. посіб. / М. І. Федючка та ін. 2-ге вид., доп. перероб. Херсон : Олді-плюс, 2019. 144 с.

					КРБ.133ГМбд_31[2].08.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



КРБ 133ГМБд\_ЭП12108.0100.000

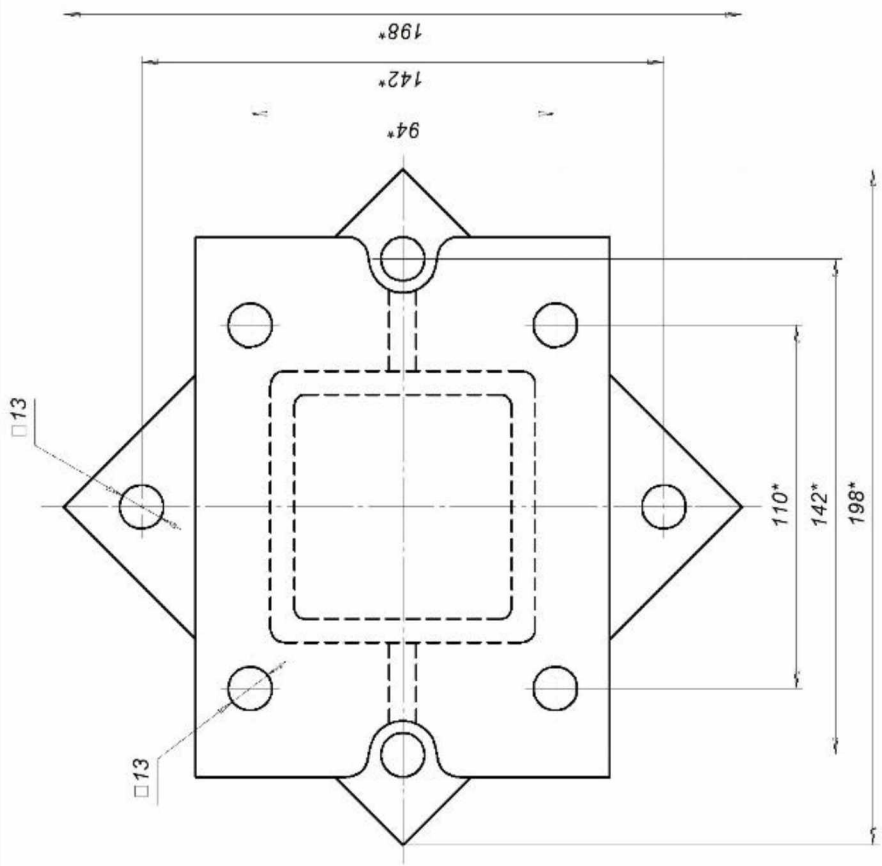
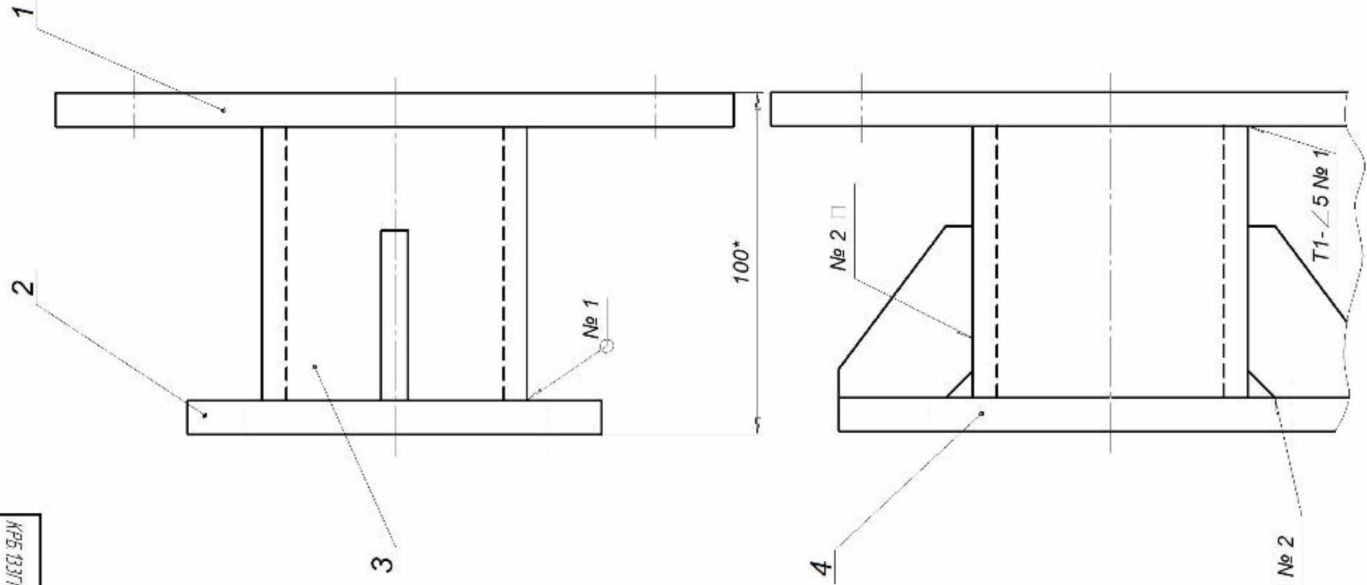


- 1 Зварна конструкція I класу по ОСТ 23.24.29-80. Тип електрода Е42 ДСТУ EN ISO 2560:2014.
- 2 Зварне з'єднання по ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 виконати по зразку прилягання деталей одностороннім швом, швом високої категорії рідким напівшвом товщині зварних деталей.
- 3 \* Розміри для долива.

КРБ 133ГМБд_ЭП12108.0100.000		Дата	Версія	Назва
Кронштейн		Д	10.1	1.1
Зм	Док	№ документа	Підпис	Дата
Голова	Значення в/в			
Перед	Харак Р-П			
Т	Контр-Харак Р-П			
Конструктор	Харак Р-П			
Начальник	Харак Р-П			
Зам.	Харак Р-П			

ПДАЧ, 2026 Р.

0000.00.20.8012M2.29M1.001.000



1. Зварна конструкція 1 класу по ГОСТ 2324.29-80. Тип електрода Е42 ДСТУ EN ISO 2560:2014
2. Зварне з'єднання по ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 виконати по зразку прилягання деталей одностороннім кутом, швом висотою катета рівним найменшій товщині зварних деталей.
3. \* Розміри для довідки

КРБ 133ГМВВ_312108.02.00.000		Лист	Всього	Листів
Кронштейн		Д	5,9	1:1
		Листів	Зварювач	
Діа. Діаг.	№ докум.	Лінійс.	Бланк	
Видат.	Виконав.	В.В.		
Перев.	Керм.	Р.Н.		
Т.вироб.	Керм.	Р.Н.		
Висв.проб.	Керм.	Р.Н.		
Тверд.	Керм.	Г.В.		

T3- / 3 □ № 2

T1- / 5 № 1

