

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 зчипки для посівного агрегату»

КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»,
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи *133ГМбд_42*
ХЛЄБЦОВ Владислав

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*

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

Владислав ХЛЄБЦОВ

1 Тема роботи: *«Удосконалення конструкції зчіпки для посівного агрегату»*

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 зчіпок для посівних агрегатів; 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: *кресленик зчіпки напівнавісної, що виноситься на розгляд; складальний кресленик 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	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 _____ Владислав ХЛІБЦОВ
(підпис)

Керівник роботи _____ Руслан ХАРАК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 11 рисунків, 2 таблиці, 26 використаних джерел, 46 сторінок.

Об'єкт розробки – процес роботи машинно-тракторного посівного агрегату.

Предмет розробки – конструктивні та експлуатаційні параметри зчіпки посівного агрегату, що впливають на його надійність та ефективність роботи.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити можливі шляхи створення нової конструкції зчіпки для посівного агрегату, та на основі їх аналізу розробити конструкторську документацію.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – удосконалення конструкції зчіпки для посівного агрегату з метою підвищення її експлуатаційної надійності, міцності та ефективності роботи машинно-тракторного агрегату.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка удосконаленої конструкції зчіпки, яка забезпечує підвищення надійності агрегування, покращення експлуатаційних характеристик посівного агрегату.

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 рамки, яку запропоновано використати у складі зчіпки для агрегування посівного агрегату.

У **конструкторському розділі** було проведено розрахунки зчіпки та рамки, що забезпечать необхідні міцність конструкції.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** було розраховано економічну ефективність використаних технічних рішень,

					КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запропоновані безпечні умови праці, а також заходи щодо усунення шкідливого впливу машини на довкілля.

Практичні результати роботи – розроблений комплект конструкторської документації на рамку зчіпки посівного агрегату.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – конструкція зчіпки, яка характеризується компактністю, 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 – 90%.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції зчіпки, яка характеризується компактністю, високою ефективністю і простотою у виготовленні. Розроблений технологічний маршрут виготовлення конструкторської розробки, визначена трудомісткість її виготовлення. Здійснені розрахунки на міцність. Запропоновані безпечні умови праці, а також заходи щодо усунення шкідливого впливу машини на довкілля.

ЗЧІПКА, СІВАЛКА, РАМКА, АГРЕГАТ, ТЕХНОЛОГІЯ, ВИРОБНИЦТВО, ЕФЕКТИВНІСТЬ

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of a hitch design, which is characterized by compactness, high efficiency and ease of manufacture. The technological route for manufacturing the design development has been developed, the labor intensity of its manufacture has been determined. Calculations for strength have been made. Safe working conditions have been

					<i>КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

proposed, as well as measures to eliminate the harmful effects of the machine on the environment.

HITCH, SEEDER, FRAME, UNIT, TECHNOLOGY, PRODUCTION, EFFICIENCY

					<i>КРБ.133ГМδδ_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						5
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЗМІСТ

	ст.
ВСТУП . . . . .	.7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ . . . . .	.8
1.1 Призначення і конструкції зчіпок . . . . .	.8
1.2 Обґрунтування конструкції зчіпки . . . . .	.11
1.3 Будова напівначіпної зачіпки . . . . .	.12
1.4 Мета та завдання кваліфікаційної роботи . . . . .	.13
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ . . . . .	.15
2.1 Розробка технологічної схеми виготовлення конструкторської розробки . . . . .	.15
2.2 Розробка маршрутної карти виготовлення конструкторської розробки . . . . .	.23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ . . . . .	.26
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА . . . . .	.36
4.1 Економічна ефективність конструкторської розробки . . . . .	.36
4.2 Охорона праці . . . . .	.38
4.3 Охорона навколишнього середовища . . . . .	.40
ВИСНОВКИ . . . . .	.43
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ . . . . .	.44

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>						
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Зміст						
<i>Розроб.</i>		<i>Хлебцов В.В.</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Харак Р.М.</i>								6	46
<i>Керівник</i>		<i>Харак Р.М.</i>							<i>ПДАУ, 2026 р.</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Харак Р.М.</i>									
<i>Затверд.</i>		<i>Попов С.В.</i>									

ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво потребує постійного підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів, що обумовлено необхідністю зниження виробничих витрат, підвищення продуктивності праці та забезпечення високої якості виконання технологічних операцій. Одним із важливих напрямів удосконалення сільськогосподарської техніки є підвищення надійності та функціональності зчіпних пристроїв, які забезпечують з'єднання трактора з робочими машинами та агрегатами.

Посівні агрегати широко застосовуються для виконання комплексу технологічних операцій під час сівби сільськогосподарських культур. Ефективність їх роботи значною мірою залежить від конструкції зчіпки, яка повинна забезпечувати надійне агрегування машин, рівномірний розподіл навантажень, стійкість руху агрегату та точне дотримання заданих параметрів технологічного процесу. Недосконалість конструкції зчіпних пристроїв може призводити до збільшення динамічних навантажень, погіршення маневреності агрегату, зниження продуктивності та підвищення експлуатаційних витрат.

У зв'язку з цим актуальним є удосконалення конструкції зчіпки для посівного агрегату, спрямоване на підвищення її міцності, надійності та технологічної ефективності. Вирішення цього завдання сприятиме покращенню експлуатаційних показників посівного агрегату, підвищенню якості виконання посівних робіт та зниженню витрат на технічне обслуговування і ремонт.

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Призначення і конструкції зчіпок

Зчіпки – це спеціальні пристрої, призначені для об'єднання кількох тракторних сівалок або ґрунтообробних знарядь (котків, зубових борін та культиваторів) у єдиний широкозахватний комплекс. Вони дозволяють суттєво підвищити продуктивність техніки та зменшити витрати палива.

За способом агрегування з тракторами зчіпки поділяються на: причіпні, напівначіпні, начіпні [1-3].

Причіпні зчіпки обладнані власними колесами та причіпним пристроєм для з'єднання з трактором. Забезпечують стабільність під час роботи та під час транспортування.

Напівначіпні зчіпки частково спираються на опорні колеса самої зчіпки, а частково – на навісну систему трактора.

Начіпні зчіпки жорстко кріпляться безпосередньо до навішування трактора. Зазвичай використовуються для невеликих фронтів роботи або у міні-сільгосптехніці.

Для комплектування широкозахватних агрегатів із ґрунтообробними, посівними та іншими машинами і знаряддями використовують універсальні причіпні зчіпки СГ-11У, СП-11А, СП-16А, СГ-21 та інші [4, 5].

Гідрофікована причіпна зчіпка СП-11А слугує для формування комплексних систем поверхневого обробітку ріллі та висіву зерна. Вона працює у поєднанні з тракторами 3-го тягового класу і комплектується маркером. До неї можна під'єднати три сівалки марки СЗ–3,6А, два культиватори КПС-4, а також борони чи котки. Вага обладнання становить 1140 кг. Робоча ширина варіюється залежно від процесу: при сівбі вона сягає 10,8 м, під час передпосівної культивуації — 8 м, а при руйнуванні кірки боронами — 9 м.

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Універсальна причіпна гідрофікована зчіпка СГ-11У (рис. 1.1) (де С – зчіпка, Г – гідрофікована, 11 – охоплення в метрах, У – універсальна) розроблена для створення широкозахватних агрегатів із причіпного знаряддя. Пристрій сумісний із тракторною технікою класу 30 кН. Конструкція дозволяє одночасно закріпити до 24 ланок борін БЗСС-1,0, чотири зернові сівалки (із шириною 3,6 м кожна) або три 4-метрові культиватори. Крім того, її центральну частину можна застосовувати окремо для з'єднання двох культиваторів під час суцільної обробки полів.

Рисунок 1.1 – Причіпна зчіпка СГ-11У:

1 – сниця; 2 – розтяжка; 3 – крайній брус; 4 – середній брус; 5 – подовжувач; 6 – шарнірне з'єднання брусів; 7 – хомут розтяжки; 8 – планка крайнього бруса шарніра; 9 – хомут для кріплення причіпного знаряддя

Універсальна гідрофікована зчіпка СП-16А (рис. 1.2) розроблена для експлуатації з потужними тракторами 5-го тягового класу. Ця зчіпка вагою 2360 кг дозволяє комплектувати робочі поїзди з чотирьох культиваторів КПС-4 або чотирьох зернових сівалок (загальна ширина захвату становить 16 м та

					<i>КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

14,4 м відповідно). Рама зчіпки є трисекційною трубно-зварною конструкцією, де бокові крила з'єднані шарнірами та спираються на чотири колеса (два по центру і два по боках). Завдяки спеціальним подовжувачам знаряддя можна закріплювати у два ряди. Модель оснащена чотирма гідроциліндрами та парою маркерів, що зв'язані тросом.

Рисунок 1.2 – Зчіпка універсальна гідрофікована СП-16:

1 – ліве крило; 2 – підставка; 3 – причіпна серга; 4 – центральна секція; 5 – колесо опорне; 6 – праве крило; 7 – колесо-крило; 8 – подовжувач; 9 – гідроциліндр; 10 – колесо подовжувача

Гідрофікована причіпна зчіпка СГ-21 (літерно-цифрове позначення: С – зчіпка, Г – гідрофікована, 21 – робоче охоплення в метрах) слугує для збору широкозахватних комплексів із кільчасто-шпорових котків чи зубових борін. Вона сумісна з тракторами 3-го класу тяги та має масу 1800 кг. Конструктивно складається з центральної рами (з ходовими металевими колесами та сницею, що кріпиться через трубу й тяги) і двох бокових секцій на самоустановних колесах із розкосами. Переведення зчіпки у транспортний або робочий режим здійснюється за допомогою гідросистеми. Також передбачена ізольована експлуатація центральної частини для парного з'єднання культиваторів суцільного обробітку.

					КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Обґрунтування конструкції зчіпки

Однією з важливих і відповідних операцій технологічного процесу вирощування озимої пшениці є посів. Від якості виконання цієї операції залежить продуктивність та якість роботи послідуєчих агрегатів. Це пояснюється тим, що при інтенсивній технології вирощування озимої пшениці під час посіву залишаються технологічні колії, по яких проводиться рух агрегатів по догляду за рослинами. Однією з важливих задач при посіві є забезпечення прямолінійності технологічних колій.

При посіві озимої пшениці необхідно складати трисівалкові агрегати, перекриваючи в середній сівалці 6,7 і 18,19 самики для технологічної колії. Для комплектування таких агрегатів використовуються гідрофіковані зчіпки СП-11 (рис. 1.3).

Рисунок 1.3 – Зчіпка напівначіпна

1 – рама сівалки, 2 – талреп, 3 – рамка, 4 – балка, 5 – пластина, 6 – балка навіски, 7 – болт спеціальний

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						11
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

До недоліків цієї зчіпки відносяться: велика кінематична довжина (6,6 м), а також те, що середня сівалка в агрегаті приєднується до подовжувача. А це призводить до коливань сівалки і непрямолінійності руху. До того ж зчіпка СП-11 має велику вагу, дорога. Все це визиває необхідність проектування спеціальної конструкції зчіпки, яка не має вищезазначених недоліків.

1.3 Будова напівначіпної зчіпки

Загальний вигляд проекрованої зчіпки, її вузли і деталі, а також схема посівного агрегату на базі цієї зчіпки показані на листах графічної частини.

Основною частиною зчіпки є балка 1, яка з'єднується до попередньої балки трактора з допомогою кронштейна і восьми болтів М-24. До несучої балки шарнірно прикріплено правий 2; лівий 3 бруси. Для забезпечення жорсткості конструкції бруси – подовжувачі з'єднуються з'єднувальними тягами. Правий і лівий бруси – подовжувачі спираються на пневматичні колеса (рис. 1.4).

Зачіпка агрегується з тракторами третього класу. До неї приєднуються три сівалки типу СЗ-3,6А. Середня сівалка агрегується безпосередньо за тракторами, а бокові сівалки з'єднуються з брусами зчіпки. Така конструкція зчіпки компактна, відрізняється високою ефективністю і простотою у виготовленні. При переїздах на великі відстані, в тому числі і по населених пунктах шарнірні брусиподовжувачі зчіпки складаються, в результаті чого ширина агрегату зменшується до 3,6 м.

Специфікація вузлів і деталей зчіпки написана в додатку до розрахунково – пояснювальної записки.

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Рисунок 1.4 – Рамка зчіпки

1 – аліта, 2 – консоль, 3 – консоль, 4 – кронштейн, 5 – кронштейн, 6 – вісь, 7 – набивка, 8 – косинка, 9 – ребро, 10 – зв'язка, 11 – пластина, 12 – вухо, 13 – розпорка, 14 – заглушка.

1.4 Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення конструкції зчіпки для посівного агрегату з метою підвищення її експлуатаційної надійності, міцності та ефективності роботи машинно-тракторного агрегату.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

					<i>КРБ.13ЗГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- провести аналіз існуючих конструкцій зчіпок посівних агрегатів та умов їх експлуатації;
- виявити основні недоліки існуючих конструктивних рішень;
- розробити удосконалену конструкцію зчіпки для посівного агрегату;
- виконати інженерні розрахунки на міцність і працездатність основних елементів конструкції;
- оцінити технологічність виготовлення та умови експлуатації розробленої конструкції;
- визначити економічну ефективність впровадження запропонованого технічного рішення;
- розробити заходи з охорони праці та безпеки під час експлуатації агрегату.

Об'єктом дослідження є процес роботи машинно-тракторного посівного агрегату.

Предметом дослідження є конструктивні та експлуатаційні параметри зчіпки посівного агрегату, що впливають на його надійність та ефективність роботи.

Практичне значення роботи полягає в розробленні удосконаленої конструкції зчіпки, яка забезпечує підвищення надійності агрегування, покращення експлуатаційних характеристик посівного агрегату та зниження витрат на його обслуговування і ремонт.

					<i>КРБ.133ГМба_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Розробка технологічної схеми виготовлення конструкторської розробки

Технологічна схема виготовлення конструкторської розробки (рамки), яка наведена на рис 1.4., представлено на рис. 2.1.

Заготівельна дільниця забезпечує зварювальні та механоскладальні цехи якісними напівфабрикатами. В основні функції заготівельної дільниці входить [6-9]:

1. Приймання та контроль: облік металопрокату та перевірка сертифікатів відповідності.
2. Підготовка матеріалу: очищення від іржі, виправлення деформацій листів та сортового прокату.
3. Розкрій та різання: поділ металу на штучні заготовки заданих розмірів.
4. Складання та зварювання: первинне з'єднання елементів у вузли перед фінальною обробкою.

Для одиничного та серійного виробництва в заготівельній дільниці використовують універсальне обладнання, яке легко можна перелаштувати під нові види виробів.

Механічне різання листового металу в заготівельній дільниці виконують на гільйотинних ножицях (прямі рези) або висікають на прес-ножицях. Для складних контурів в одиничному виробництві можуть застосовувати стрічкопилкові верстати з поворотними рамами. Сортовий прокат (швелери, кутники, труби нарізають на дискових пилах (геллерах) або універсальних стрічкопилкових верстатах. Вони забезпечують високу точність та мінімальну ширину пропилу (економія металу).

Зварювальні операції в заготівельній дільниці полягають у прихоплюванням вузлів або зварювання базових металоконструкцій (рам, станин). З цією метою використовують напівавтоматичне зварювання в

					КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

середовищі захисних газів (MIG/MAG). Це забезпечує високу продуктивність. При цьому застосовують універсально-збірні пристосування та зварювальні столи з координатною сіткою отворів. Це дозволяє швидко збирати різні конструкції без виготовлення високовартісних кондукторів.

Рисунок 2.1 – Маршрут виготовлення конструкторської розробки (рамки)

					<i>КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

В заготівельній дільниці використовують предметно-замкнутий або технологічний тип планування. Верстати групують за типами (група ножів, група пил, зварювальні пости) для гнучкого перенаправлення потоків деталей. Переміщення важкого прокату виконують за допомогою мостових або кран-балок із магнітними захватами чи чалками. Для дрібних заготовок використовують тару та автотранспортувачі.

Механічна обробка в межах даної технологічної схеми виконує дві ключові ролі – це дозварювальна і післязварювальна обробка та фрезерування, свердління та розточування [10-15].

Дозварювальна обробка полягає у підготовці кромek деталей з листового та сортового прокату під зварювання (зняття фасок, зачищення, свердління отворів під кріплення). Післязварювальна обробка призначена для усунення зварювальних деформацій, фрезерування чи шліфування базових поверхонь зварного вузла (наприклад, станини чи рами) для досягнення точних геометричних розмірів, які неможливо отримати лише зварюванням.

На етапі підготовки кромek до зварювання виконують фрезерування. Для відповідальних зварних швів на листах знімають фаски (X-подібні, V-подібні). Використовують крайкофрезерні верстати або мобільні кромкорізи.

При свердлінні та розточуванні у заготовках із прокату (швелери, кутники) отвори виконують на універсальних вертикально-свердлильних або радіально-свердлильних верстатах. Останні є незамінними в одиничному виробництві, оскільки дозволяють переміщати шпиндель верстата, а не важку деталь.

Складально-зварювальна дільниця призначена для виконання технологічних операцій із попереднього складання (фіксації на прихватки) та остаточного зварювання деталей, що надійшли із заготівельного відділення. Застосовується технологічна форма організації, коли робочі місця (зварювальні пости) групуються за однотипністю виконуваних операцій та зварювального обладнання. Оскільки номенклатура виробів часто змінюється,

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

робочі зони не прив'язані до одного продукту. Вони комплектуються мобільним та переналагоджуваним устаткуванням.

Технологічний процес складання та зварювання розділений на два послідовні етапи, які можуть виконуватися як на одному робочому місці (в одиничному виробництві), так і на суміжних постах (у серійному) [11-15].

На першому етапі відбувається складання під зварювання. Це найбільш трудомісткий етап (займає до 50–60% загального часу виготовлення конструкції):

- очищення та дефектовка: перевірка геометрії заготовок після механічного різання, зачищення крайок від іржі та окалини на ширину не менше 20 мм за допомогою КШМ;

- базування: фіксація елементів з прокату та листів у проектному положенні;

- складання на прихватках: короткі зварні шви (прихватки) виконуються тими ж матеріалами, що й основне зварювання. Їхня задача – втримати геометрію вузла під час транспортування до зварювального поста та на початку основного зварювання.

На другому етапі виконують остаточне зварювання. В основному застосовують напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG — суміш аргону та вуглекислого газу). Воно забезпечує високу швидкість, мінімум шлаку та гарну якість шва при роботі з листами й профілями. Потім застосовують правильні операції (термічне або механічне виправлення) для ліквідації зварювальних деформацій (короблення).

Фарбувальна дільниця (або цех) є фінальним етапом у структурі машинобудівного заводу. В умовах одиничного та серійного виробництва великогабаритних або різноманітних виробів із листового металу та прокату головна вимога до цього процесу – універсальність та висока якість підготовки поверхні. Оскільки зварні конструкції з прокату часто мають залишки окалини, флюсу, бризок металу та мастила, процес фарбування починається задовго до нанесення емалі [16-18].

					<i>КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						18
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Фарбувальна дільниця виконує дві основні функції: захист металоконструкцій від корозії та надання їм товарного вигляду.

Специфіка організації в одиничному та серійному виробництві полягає в наступному:

1. Періодичність дії: На відміну від масового виробництва (де використовуються конвеєри), тут застосовують тупиковий або тактовий принцип. Вироби переміщуються з однієї позиції на іншу порціями або обробляються на одному універсальному місці.

2. Гнучкість обладнання: Використовуються камери, габарити яких розраховані на максимальний розмір виробу в проєкті (наприклад, зварна рама чи корпус).

Процес складається з трьох обов'язкових послідовних стадій:

1. Підготовка поверхні.
2. Нанесення лакофарбових матеріалів.
3. Сушіння покриття.

Для зварних конструкцій із прокату та листа якісна підготовка – це 70% довговічності покриття. Обов'язково виконують знежирення та очищення, яке полягає у видаленні залишків мастил після механічної обробки та бруду за допомогою протирання органічними розчинниками або розпиленням лужних розчинів. В подальшому проводять механічну (абразивну) обробку: очищення від іржі, окалини після зварювання та надання металу шорсткості для кращого зчеплення (адгезії) з фарбою. В одиничному/серійному виробництві застосовують дробоструминне або піскоструминне очищення в спеціальних заселених камерах (де оператор працює в захисному скафандрі), або ручний інструмент (КШМ із дротяними щітками).

Процес нанесення лакофарбових матеріалів відбувається в три етапи:

1. Грунтування: Нанесення першого антикорозійного шару (наприклад, епоксидного або грунту ГФ-021) відразу після очищення, щоб метал не почав іржавіти під дією вологи.

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Шпаклювання та шліфування: (За потреби, частіше для одиничного виробництва). Вирівнювання зварних швів, підрізів та дефектів прокату для покращення естетики.

3. Фарбування (нанесення емалі): Нанесення фінішних шарів фарби (поліуретанових, алкідних емалей).

Застосовують пневматичний метод нанесення: (стисненим повітрям) або безповітряне розпилення. Безповітряне розпилення є більш ефективним для великих конструкцій із прокату, оскільки зменшує втрати фарби на «туманоутворення» та забезпечує високу продуктивність.

На стадії сушіння покриття в одиничному виробництві часто застосовують природне сушіння (при температурі 18–22 °С) безпосередньо в цеху або у витяжній камері, але це займає багато часу (до 24 годин). При серійному виробництві використовують конвекційне сушіння в спеціальних камерах при температурі 60–80 °С, що скорочує процес до 1–2 годин.

Організація процесу контролю якості показує технічну культуру розробки та гарантує надійність металоконструкцій. В умовах одиничного та серійного виробництва виробів із листа та прокату контроль не може бути повністю автоматизованим, тому він базується на поєднанні операційного контролю, універсального інструменту та методів неруйнівного контролю.

Контроль якості здійснюється працівниками ВТК (відділу технічного контролю) у тісній взаємодії з виробничим персоналом (зварниками, верстатниками), які виконують самоконтроль.

В одиничному та серійному виробництві діють такі принципи:

- Висока універсальність: Застосування засобів вимірювання, які підходять під широку номенклатуру деталей (відсутність дорогих автоматичних калібрів).

- Поопераційний характер: Контроль здійснюється після кожної критичної технологічної стадії перед передачею на наступну ділянку (заготівельна – складальна – зварювальна – фарбувальна).

					<i>КРБ.133ГМбд_4.2.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>20</i>

Процес контролю якості інтегрований у загальний виробничий ланцюг і складається з чотирьох основних етапів:

1. Вхідний контроль (склад металу та заготівельна дільниця).

Контролюється сировина, що надходить на завод (листовий метал, швелери, кутники, зварювальний дріт, гази).

Перевіряють наявність та відповідність сертифікатів заводу-виробника; маркування сталі; геометричні розміри прокату (товщина листа, кривизна профілю); відсутність поверхневих дефектів (розшарування, глибока іржа, тріщини). Використовують штангенциркулі, мікрометри, оптичні та лазерні далекоміри, ультразвукові товщиноміри.

2. Операційний контроль механічного різання та підготовки

Проводиться після гільйотини, стрічкопилкових верстатів та фрезерування кромки. Перевіряють лінійні розміри заготовок; точність кутів різання; параметри розбирання кромки під зварювання (кут скосу фаски, величину притуплення); відсутність заусенців та напливів. Використовують лінійки, рулетки, кутоміри, спеціальні шаблони зварника.

3. Контроль складально-зварювальних робіт.

Поділяється на контроль складання (до зварювання) та контроль готового зварного вузла.

Проводиться перевірка правильності взаємного розташування деталей на прихватках, величини зазорів у з'єднаннях. Контроль після зварювання: 100% зварних швів перевіряють на відсутність зовнішніх дефектів (підрізи, пори, напливи, незаварені кратери, тріщини) та відповідність катета шва кресленню за допомогою шаблонів.

Для відповідальних швів конструкцій із прокату в серійному виробництві призначають ультразвуковий контроль (УЗК) (виявляє внутрішні пори та шлакові включення) або капілярний (кольоровий) контроль (для пошуку мікротріщин).

4. Контроль після фарбування та приймальний контроль.

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

Проводиться у фарбувальному відділенні перед відправкою виробу на склад готової продукції. Перевіряють товщину сухішого шару лакофарбового покриття; адгезію (зчеплення фарби з металом); рівномірність кольору, відсутність підтікань та незафарбованих зон. Використовують магнітні або вихрострумові товщиноміри фарби, метод решітчастих надрізів (для контролю адгезії).

Склад готової продукції призначений для приймання виробів із фарбувальної ділянки (або фінального поста ВТК), їх тимчасового зберігання, комплектування та відвантаження кінцевому замовнику.

Ключові функції складу полягають у наступному:

- кількісний та якісний облік: Фіксація надходження кожної одиниці чи серії продукції;
- зберігання: Забезпечення умов, що запобігають пошкодженню лакофарбового покриття та корозії металу;
- комплектування: Збирання окремих зварних вузлів у комплект поставки згідно з договором (особливо актуально для одиничного виробництва складних машин);
- відвантаження: Завантаження продукції в автотранспорт чи залізничні вагони та оформлення супровідної документації (паспорт виробу, товарно-транспортні накладні).

Через великогабаритний характер виробів із прокату та листів (рами, станини, балки, ємності), простір складу проектується за зональним принципом.

Зонування складу:

1. Дільниця приймання: Тут вироби очікують фінальної перевірки документів від ВТК та маркування.
2. Зона основного зберігання: Найбільша за площею частина складу. Оскільки зварні рами та корпуси складно або небезпечно ставити один на один у високі штабелі, тут застосовують: підлогове зберігання в один ярус (для

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

найважчих та унікальних виробів); спеціальні ложементи або консольні стелажі (для довномірних зварних конструкцій із прокату)ю

3. Зона комплектування та пакування(оснащується місцями для кріплення допоміжних елементів, пакування в термозбіжну плівку чи дерев'яну тару).

4. Дільниця відвантаження: Зона, яка безпосередньо примикає до транспортних шляхів (автомобільного під'їзду чи залізничної гілки).

В одиничному виробництві важливо не втратити простежуваність виробів. Тому на кожен виріб перед надходженням на склад кріпиться металева або пластикова бірка (шильдик) із заводським номером, датою випуску та клеймом ВТК. В сучасних умовах доцільно закладати штрих-кодування або QR-коди для швидкого зчитування терміналами збору даних.

2.2 Розробка маршрутної карти виготовлення конструкторської розробки

Розробимо маршрутну карту на виготовлення конструкторської розробки (рис. 1.4). Вихідними даними є: матеріал – Сталь Ст.3, труба профільна та листовий прокат; маса виробу: приблизно 50 кг; тип виробництва: дрібносерійне.

Таблиця 2.1 – Маршрутна карта виробу «Рамка»

№ опер.	Найменування та зміст операції	Робоче місце (обладнання)	Розряд робіт	Норма часу, хв
005	Вхідний контроль матеріалу та заготовок	Контрольний стіл	3	10
010	Розмітка труб та листових деталей	Розмічальна плита	3	20
015	Різання профільних труб на заготовки	Стрічкопильний верстат	3	25

					КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

№ опер.	Найменування та зміст операції	Робоче місце (обладнання)	Розряд робіт	Норма часу, хв
020	Різання листових деталей кронштейнів	Гільйотина або плазморіз	3	15
025	Зачистка торців і кромок	Верстак, КШМ	3	15
030	Свердління отворів Ø12 мм	Вертикально-свердильний верстат	3	18
035	Свердління та розгортання отворів Ø21 мм	Свердильний верстат	4	20
040	Токарна обробка втулок та пальців	Токарний верстат 16К20	4	35
045	Підготовка деталей до складання	Складальний стенд	3	15
050	Складання в кондукторі та прихватка	Зварювальний пост	4	30
055	Контроль геометрії після прихватки	Контрольний стенд	4	10
060	Зварювання основної конструкції	Напівавтомат MIG/MAG	4	60
065	Зварювання підсилювачів і кронштейнів	Напівавтомат MIG/MAG	4	30
070	Зачистка зварних швів	КШМ	3	20
075	Контроль зварних з'єднань	ВТК	4	15

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ

Аркуш

24

№ опер.	Найменування та зміст операції	Робоче місце (обладнання)	Розряд робіт	Норма часу, хв
080	Остаточна обробка отворів	Свердлильний верстат	4	15
085	Очищення поверхні під фарбування	Верстак	3	15
090	Ґрунтування ГФ-021	Фарбувальна камера	3	20
095	Сушіння	Сушильна камера	–	60
100	Фарбування емаллю ПФ-115	Фарбувальна камера	3	25
105	Остаточний контроль виробу	ВТК	4	15
110	Маркування та здача на склад	Склад готової продукції	2	10

Загальна трудомісткість виготовлення рамки складає 8,3 год., зі них: заготівельні роботи – 1,7 год.; механічна обробка– 1,5 год.; складально-зварювальні роботи– 2,4 год.; фарбувальні роботи– 1,3 год.; контрольні роботи – 0,7 год.

					<i>КРБ.133ГМбд_4.2.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						25
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

Виконаємо розрахунок деталей зчипки на міцність. Для розрахунку деталей і вузлів на міцність визначаємо тяговий опір зернової сівалки [4]:

$$R_c = K \nu \cdot \nu, \quad (3.1)$$

де $K \nu$ – типовий опір сівалки, Н/м;

ν – ширина захвату сівалки, м.

Питомий опір сівалки з врахуванням швидкості руху рівний:

$$K \nu = K [1 + Tn(\nu_p - \nu_0)], \quad (3.2)$$

де K – питомий опір сівалки при $\nu_0 = 5$ км/год.; $K = 1400$ Н/м;

Tn – темп приросту питомого опору, %.; $Tn = 2\% = 0,02$

ν_p – робоча швидкість агрегату, км/ год.; $\nu_p = 10$ км/ год.

Маємо:

$$K \nu = 1400 [1 + 0,02 \cdot (10 - 5)] = 1540 \text{ Н/м}$$

Тоді типовий опір зернової сівалки рівний:

$$R_c = 1540 \cdot 3,6 = 5540 \text{ Н.}$$

Визначаємо опір крила зчипки перекошування:

$$R_x = G_x \cdot f_x, \quad (3.3)$$

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $G_{\text{зп}}$ – вага зчіпки, яка надходить на опорне колесо зчіпки, Н; $G_{\text{зп}} = 1000$

Н

$f_{\text{зп}}$ – коефіцієнт опору перекошування зчіпки, $f_{\text{зп}} = 0,2$

Маємо:

$$R_{\text{зп}} = 100 \cdot 0,2 = 200 \text{ Н.}$$

Розпишемо схему сил, діючих на крило зчіпки на рис. 3.1.

Рисунок 3.1 – Схема сил, діючих на шарнірних брус

Визначаємо згинаючий момент, діючий на крило зчіпки:

$$M_{\text{зп}} = R_{\text{зп}} \cdot \ell = 5540 \cdot 2,9 = 16066 \text{ Н}$$

Момент опору перерізу зчіпки визначаємо із розрахунку на згин [19, 20]:

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_{X-X}} \leq [\sigma]_{\text{зп}}, \quad (3,4)$$

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де, $[\sigma_y] = \frac{\sigma_T}{n}$ – допустимі напруження згину.

Матеріали балки – сталь Ст.3 (два швелера, які зварені по торцю суцільним швом).

$\sigma_T = 390$ МПа – границя текучості матеріалу.

$n = 2,5 \dots 3$ – коефіцієнт запасу міцності.

$$[\sigma]_y = \frac{390}{3} = 130 \text{ МПа}$$

Переріз бруса знаходиться на рисунку 3.2.

$$W_{X-X} = \frac{III_v}{[\sigma]_y} = \frac{16066}{130} = 123,5 \text{ м}^3$$

Рисунок 3.2 – Схема перерізу бруса (крила) зчипки

Із сортименту прокатної сталі вибираємо швелер №12, для якого $W_{X-X} = 120 \text{ мм}^2$.

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок скоби кріплення сівалки до бруса зчїпки, розташованого на малюнку.

Сила прикладена на одну із пластин скоби:

$$F = \frac{R_c}{2} = \frac{5540}{2} = 2770 \text{ Н.}$$

Сила, прикладена на одну із пластин визначена і рівна 2770 Н.

Визначаємо потребу ширину пластини із розрахунку на міцність зварених валикових швів:

$$\tau_{cp} = \frac{F \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot K \cdot b} \leq [\tau]_{cp}, \quad (3.5)$$

де K – катет шва, $K = 12$ мм;

$[\tau]_{cp}$ – допустиме напруження зрізу шва, приймаємо $[\tau]_{cp} = 120$ МПа.

$$b = \frac{F \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot K [\tau]_{cp}} = \frac{2770 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 120} = 137,4 \text{ мм}$$

$$\tau_{cp} = \frac{2770 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 137,4} = 12 \text{ МПа}$$

Визначаємо діаметр скоби з розрахунку на згин:

$$\sigma_u = \frac{M_U}{W_Y} \leq [\sigma]_y, \quad (3.6)$$

де $M_U = \frac{R_c \cdot \alpha}{4}$ – згинаючий момент, діючий на вісь, Нм;

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						29
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

α – відстань між вухами скоби.

Рисунок 3.3 – Схема звареної скоби до бруса та її розміри і розташування

Момент перерізу опору осі, м³.

$$W_y \approx \frac{\Pi d^3}{32} \approx 0,1d^3$$

Приймаємо $\alpha=9,5$ см.

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_U = \frac{16066 \cdot 0,095}{4} = 381,5 \text{ Мн}$$

$[\sigma]_{\text{ч}} = 120$ МПа – додаткове напруження згину

$$d = 10^3 \sqrt{\frac{M_U}{0,1[\sigma]_{\text{ч}}}} = 10^3 \sqrt{\frac{381,5}{0,1 \cdot 120}} = 31,3 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр отвору для пальця скоби: $d = 32$ мм.

Приймаємо товщину пластини: $\sigma = 15$ мм; $\sigma = 12$ мм. Проводимо розрахунок на міцність елементів крема зчипки.

Визначаємо діаметр осі шарніра:

$$M_U = R_c \cdot \ell = R \cdot \ell$$

Звідси реакція в опорі:

$$R = \frac{M_U}{\ell} = \frac{16066}{2,9} = 367,5 \text{ Н}$$

Напруження згину:

$$G = \frac{M_U}{W_V} = \frac{R \cdot c}{0,1d^3} \leq [\sigma]_{\text{ч}} \quad (3.7)$$

Звідси виходить :

$$d_0 = 10^3 \sqrt{\frac{R \cdot \ell}{0,1[\sigma]_{\text{ч}}}} = 10^3 \sqrt{\frac{367,5}{0,1 \cdot 120}} = 31 \text{ мм}$$

					КРБ.133ГМдд_4.2.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо діаметр шкворня $d_0=30\text{мм}$.

Рисунок 3.4 – Схема шарнірного з'єднання польщини крила зчіпки.

Перевіряємо вісь на згинання :

$$G_{CM} = \frac{R}{d_0 \cdot Q} \leq [\sigma]_{CM} = 120 \text{МПа}$$

Проводимо розрахунок шпрентеля показані на рисунку. Із силового трикутника визначаємо силу, яка розтягує шпрентеля.

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{ш} = \frac{R_c}{\sin \alpha} = \frac{5540}{0,5} = 11080H,$$

де $\sin \alpha$ – кут між брусом і віссю шпрентеля.

Рисунок 3.5 – Схема сил, які діють на розтяг шпрентеля.

Розрахунковий діаметр різьби:

$$d_p = \sqrt{\frac{4R_{ш} \cdot \beta}{\pi \cdot [\sigma]_p}}, \quad (3.8)$$

де $\beta = 1,3$ – статистичний коефіцієнт;

$[\sigma]_p = 42$ МПа, допустимий розтяг.

$$d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot 11080 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 42}} = 20,9 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр різьби:

$$d = d_p + 0,94t, \quad (3.9)$$

де $t = 1,5 \dots 2$ мм – крок різьби.

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d = 20,9 + 0,94 \cdot 2 = 22,78 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр різьби шпрантеля рівна $d = 22$ мм. Визначаємо діаметр болта і провіримо напругу зминання отвору, якщо дано: ширину з'єднаних деталей $a = 8$ мм, $b = 14$ мм; зусилля $N = 5,540$ Н; допустиме напруження для болта на зріз $[\tau] = 800$ м Па, на зминання.

Рисунок 3.6 – Розрахунок болтового з'єднання діаметр болта визначаємо із умови міцності на зріз:

$$\frac{N}{F} \leq [\tau] \quad (3.10)$$

Звідси випливає: $F = 2 \frac{\pi d^2}{4}$

З цієї формули виходить: $d = \sqrt{\frac{4N}{2\pi[\tau]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5540}{2 \cdot 3,14 \cdot 800}} = 2 \text{ см}$

Умова міцності на зминання:

					КРБ.133ГМбд_4.2.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{N}{F_c} \leq [\sigma_c], \quad (3.11)$$

де $F_c = d_a$.

Звідси випливає, що діаметр рівний:

$$d = \frac{N}{\alpha[\sigma_c]} = \frac{5540}{0,8 \cdot 216} = 32 \text{ мм}$$

Умова міцності на зминання потребує, щоб діаметр болта прийняти рівним: $d/2 = 16$ мм.

Перевірка міцності зминання в стінках отвору:

$$\sigma_c = \frac{N}{d_a} \leq [\sigma_c]. \quad (3.12)$$

Звідси виходить:

$$\sigma_c = \frac{5540}{3,2 \cdot 0,8} = 216,4 \text{ МПа.}$$

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Економічна ефективність конструкторської розробки

Запропонований нами агрегат складається з трактора ХТЗ-150, зчіпки СН-11, і трьох зернових сівалок СЗ-3,6А.

Для порівняння приймаємо серійний агрегат, який складається із трактора ХТЗ-150, зчіпки, СП-11 і трьох зернових сівалок СЗ-3,6А.

Визначаємо робочу швидкість руху проектного агрегату [4, 5]:

$$G_p = G_T(1 - \delta), \quad (4.1)$$

де G_T – теоретична швидкість трактора, км/год.;

δ – буксування ходової частини.

Розраховуємо тяговий опір агрегату:

$$R_{\text{тп}} = K_g \cdot B + G_x \cdot (f_x + i) + G_c \cdot n_c \cdot i, \quad (4.2)$$

де K_g – питомий опір сівалки при швидкості руху;

B – ширина захвату агрегату, м;

G_x і G_c – сила ваги зчіпки і сівалки, кН.;

f_x – коефіцієнт опору перекочування зчіпки;

i – рельєф місцевості в сотих долях; в даному випадку рельєф поля становить 0,02;

n_c – кількість сівалок в агрегаті.

Ширина захвату агрегату за рахунок монтажу додаткових сальників складає 13,5 м. Сила ваги зчіпки СН-11 рівна 10,8 кН.

Всі інші данні для розрахунку приймаємо із додаткової літератури:

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{ср}} = 1,4 \cdot 13,5 \cdot 10,8 \cdot (0,15 + 0,02) + 17 \cdot 3 \cdot 0,02 = 21,75 \text{ кН}$$

По даному тяговому опору приймаємо II робочу передачу трактора Т – 150, на якій тягове зусилля складає $R_{\text{крн}} = 29$ кН.

Теоретична швидкість $\mathcal{G}_p = 10,6$ км/год.

По тяговій характеристиці трактора при навантаженні на кроку, рівному 91,75 кН, $\mathcal{G} = 0,03$.

$$\mathcal{G}_p = 10,6(1 - 0,03) = 10,3 \text{ км/год}$$

Продуктивність агрегату за годину змінного часу:

$$W_{\text{зод}} = 0,1 B_p \cdot \mathcal{G}_p \cdot \tau, \quad (4.3)$$

де τ – коефіцієнт використання часу змін.

$$W_{\text{зод}} = 0,1 \cdot 13,5 \cdot 10,3 \cdot 0,7 = 9,7 \text{ га/год.}$$

Визначаємо витрати палива на одиницю роботи:

$$Q = \frac{N_{\text{сн}} \cdot q_e \cdot K_3}{W_r}, \quad (4.4)$$

де $N_{\text{сн}}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

q_e – питома витрата палива, кг/кВт год;

K_3 – коефіцієнт завантаження двигуна.

$$Q = \frac{110 \cdot 0,25 \cdot 0,8}{9,7} = 2,3 \text{ кг/га.}$$

Затрати робочого часу визначаємо по формулі [21, 22]:

					КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H = \frac{n_{\text{мех}} + n_{\text{доп}}}{W_r}, \quad (4.5)$$

де $n_{\text{мех}}$ і $n_{\text{доп}}$ – кількість механізаторів і допоміжних робітників.

$$H = \frac{1+1}{9,7} = 0,21 \text{ год/га}$$

Аналогічно визначаємо показники роботи базового посівного агрегату і результати заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники роботи посівного агрегату

Показники	Значення показників для агрегату		Збільшення (+), зменшення (-), %
	нового	базового	
Продуктивність, га/год	9,7	7,1	+36,6
Затрати робочого часу, год/га	0,21	0,28	-25
Витрати палива, кг/га	2,3	2,7	-14,8

Ціна дизельного палива на 07.05.2026 р. становить 88,0 грн/кг, заробітна плата – 120 грн/год.

Економічна ефективність дорівнює:

$$E_p = 436 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, як видно із даних таблиці 4.1, новий посівний агрегат на базі аркової зчіпки має переваги по всім порівнювальним показникам.

4.2 Охорона праці

Охорона праці є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності [23, 24].

					КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час експлуатації та технічного обслуговування посівних агрегатів працівники зазнають впливу різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Особливу небезпеку становлять рухомі механізми, підвищений рівень шуму та вібрації, пил, несприятливі метеорологічні умови, а також можливість травмування під час виконання монтажних-демонтажних робіт.

Удосконалення конструкції зчипки посівного агрегату повинно забезпечувати не лише підвищення технічних та економічних показників, але й відповідати сучасним вимогам безпеки праці.

Під час експлуатації посівного агрегату виникають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні (рухомі та обертові частини машин; підвищений рівень шуму; вібрація; запиленість повітря; несприятливі погодні умови; недостатнє освітлення робочої зони).

2. Механічні (падіння деталей під час ремонту; руйнування елементів зчипки внаслідок перевантаження; затискання працівника між трактором та машиною під час агрегування).

3. Психофізіологічні (фізичне навантаження; емоційна напруга; монотонність виконуваних операцій).

Для зниження ризику травматизму необхідно застосовувати комплекс організаційних та технічних заходів.

Виробничі приміщення належить до категорії приміщень підвищеної пожежної небезпеки через наявність паливно-мастильних матеріалів, електрообладнання, зварювальних постів, тощо.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно:

- обладнати приміщення порошковими вогнегасниками;
- встановити пожежні щити;
- виконати заземлення електрообладнання;
- забезпечити вільний доступ до евакуаційних виходів.

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>39</i>

На видимих місцях повинні бути розміщені плани евакуації та інструкції з пожежної безпеки.

Працівники повинні бути забезпечені костюмом бавовняним, захисним взуттям, комбінованими рукавицями, захисними окулярами, респіратором, навушниками або берушами, зварювальним щитком (для зварювальників).

Використання засобів індивідуального захисту є обов'язковою умовою безпечного виконання робіт.

У розробленій конструкції передбачено:

- підвищення запасу міцності основних елементів;
- зменшення динамічних навантажень;
- покращення стійкості агрегату;
- зниження ймовірності руйнування деталей;
- спрощення процесу зчеплення та розчеплення машин;
- підвищення надійності кріплення робочих органів.

Запропоновані конструктивні рішення сприяють підвищенню безпеки праці механізатора та обслуговуючого персоналу.

4.3 Охорона навколишнього середовища

Сучасне сільськогосподарське виробництво пов'язане з використанням великої кількості машин і механізмів, експлуатація яких супроводжується впливом на навколишнє природне середовище. До основних негативних факторів належать ущільнення ґрунту, викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами двигунів внутрішнього згорання, шумове забруднення, можливі витіки паливно-мастильних матеріалів та утворення виробничих відходів під час ремонту й технічного обслуговування техніки.

Об'єктом дослідження в даній дипломній роботі є конструкція зчіпки посівного агрегату. Оскільки удосконалення стосується переважно зчіпного пристрою, його вплив на довкілля є опосередкованим і проявляється через підвищення ефективності роботи машинно-тракторного агрегату в цілому.

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		40

Запропонована конструкція спрямована на підвищення надійності агрегативання та зменшення динамічних навантажень під час виконання посівних робіт. Це забезпечує стабільніший рух агрегату, зниження непродуктивних витрат палива та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Однією з основних екологічних проблем механізованого землеробства є ущільнення ґрунту під дією ходових систем тракторів і сільськогосподарських машин. Надмірне ущільнення призводить до погіршення водно-повітряного режиму ґрунту, зниження його родючості та врожайності сільськогосподарських культур.

Удосконалення конструкції зчіпки забезпечує рівномірніший розподіл навантаження між елементами посівного агрегату та покращує його стійкість під час руху. Це сприяє дотриманню заданої траєкторії руху та зменшенню кількості повторних проходів техніки по полю. В результаті знижується площа ущільненого ґрунту та покращуються умови для росту і розвитку рослин.

Крім того, стабільна робота агрегату забезпечує рівномірне розміщення насіння в ґрунті, що позитивно впливає на використання природних ресурсів та підвищує ефективність виробництва сільськогосподарської продукції.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря під час виконання посівних робіт є вихлопні гази тракторних двигунів. До складу відпрацьованих газів входять оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводні та тверді частинки [25, 26].

Удосконалена конструкція зчіпки дозволяє зменшити втрати потужності на подолання додаткових опорів руху, покращити маневреність агрегату та скоротити непродуктивні простой. У результаті досягається економія палива та відповідне зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Зниження витрати дизельного палива навіть на декілька відсотків протягом посівного сезону сприяє суттєвому скороченню загального екологічного навантаження на навколишнє середовище.

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

Під час виготовлення та експлуатації зчіпки утворюються металеві відходи, зношені деталі, відпрацьовані мастильні матеріали та інші виробничі відходи. Для зменшення негативного впливу на довкілля необхідно забезпечити їх збір, сортування та передачу на спеціалізовані підприємства для подальшої переробки або утилізації.

Металеві відходи, що утворюються в процесі механічної обробки деталей, можуть бути повторно використані як вторинна сировина. Відпрацьовані мастила повинні збиратися в герметичні ємності та передаватися ліцензованим організаціям для регенерації або утилізації.

Не допускається потрапляння паливно-мастильних матеріалів у ґрунт, водойми та каналізаційні мережі.

Проведений аналіз показав, що запропоноване удосконалення конструкції зчіпки не призводить до виникнення додаткових джерел забруднення навколишнього середовища. Навпаки, підвищення надійності та ефективності роботи посівного агрегату сприяє зменшенню витрат палива, скороченню викидів шкідливих речовин, зниженню ущільнення ґрунту та покращенню умов праці обслуговуючого персоналу.

Таким чином, розроблена конструкція відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та може бути рекомендована до впровадження у сільськогосподарське виробництво.

					<i>КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

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

1. Проаналізовані існуючі конструкції зчіпок. До виявлених недоліків зчіпки, які агрегатуються з трьома сівалками відносяться велика кінематична довжина, а також те, що середня сівалка в агрегаті приєднується до подовжувача. Це призводить до коливань сівалки і непрямолінійності руху.

2. Запропонована конструкція зчіпки відрізняється компактністю, високою ефективністю і простотою у виготовленні. При переїздах на великі відстані, в тому числі і по населених пунктах, шарнірні бруси-подовжувачі зчіпки складаються, в результаті чого ширина агрегату зменшується до 3,6 м.

3. Технологічний маршрут виготовлення конструкторської розробки має вигляд: заготівельна дільниця – механічна обробка – складально-зварювальна дільниця – контроль – фарбування – остаточний контроль – склад готової продукції. Загальна трудомісткість виготовлення рамки складає 8,3 год., зі них: заготівельні роботи – 1,7 год.; механічна обробка– 1,5 год.; складально-зварювальні роботи– 2,4 год.; фарбувальні роботи– 1,3 год.; контрольні роботи – 0,7 год.

4. Виконаний розрахунок економічної ефективності конструкторської розробки. Економічна ефективність складає 436 грн/га.

5. У графічній частині роботи наведено складальні кресленики зчіпки, рамки, кресленики окремих деталей рамки.

					<i>КРБ.133ГМбд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		43

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Войтюк Д. Г., Гаврилюк 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., Малафеев 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_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						44
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_42.10.00.00.000 ПЗ	Аркуш
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

					<i>КРБ.133ГМдд_42.10.00.00.000 ПЗ</i>	Аркуш
						46
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

