

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ
КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення транспорту та інженерної механіки

Циклова комісія зварювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

на тему: Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
тягово-зчіпного пристрою Т-109F

Виконав: студент II курсу, групи ПМ-422ск
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Назар ЯСІНСЬКИЙ

Керівник

Ігор ГУМЕНЮК

Рецензент

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення	транспорту та інженерної механіки
Циклова комісія	зварювальних технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень	фаховий молодший бакалавр
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ЯСІНСЬКОМУ Назару Ігоровичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
тягово-зчіпного пристрою Т-109F

Керівник роботи ГУМЕНЮК Ігор Всеволодович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від 20. 04. 2026 року № 4/9-200

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

Вихідні дані до роботи креслення виробу, базовий технологічний процес
виготовлення виробу

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу
(конструкції) та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу
(конструкції) і витрат матеріалів та електроенергії

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при
виготовленні виробу чи конструкції

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Захист від світлової радіації при зварюванні та різанні металоконструкцій

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виконання зварювальних робіт виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення тягово-зчіпного пристрою Т-109F – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-зварювального кондуктора – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення складального пристрою – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Наталія ІГНАТОВА, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)
Охорона праці	Геннадій ГОРЯЧЕК, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	21.05.2026	
2	Технологічний розділ	25.05.2026	
3	Конструкторський розділ	03.06.2026	
4	Організаційно-економічний розділ	08.06.2026	
5	Охорона праці	11.06.2026	
6	Графічна частина	15.06.2026	
7	Перевірка на плагіат	19.06.2026	

Студент

(підпис)

Назар ЯСІНСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор ГУМЕНЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F є вдосконалення вже наявного заводського варіанту зі зміною способу зварювання, обладнання, матеріалів та інших виробничих операцій. В загальному технологія виготовлення конструкції представлена заготівельними, складальними, зварювальними, опоряджувальними, допоміжними та контрольними операціями. Виконання економічних розрахунків дозволяє оцінити можливість доцільності застосування даного технологічного процесу у виробництві. Дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці займають важливе місце у технологічних процесах виготовлення конструкцій, оскільки від цього безпосередньо залежить здоров'я працівників підприємства.

ANNOTATION

Welding processes have an important part in the manufacture technology of metal constructions. Complication of metal constructions can be of different levels. The feature of technological process are the improvement of factory process of towing hitch device T-109F manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	9
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	9
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	10
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	11
1.3.4 Вимоги до складання	11
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	19
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	25
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	27
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	28
2.6.1 Заготівельні операції	29
2.6.2 Складальні операції	30
2.6.3 Складально-зварювальні операції	31

					<i>КР.422.36.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Ясінський				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення тягово- зчіпного пристрою Т-109F Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк						4	70
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	32
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	32
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	36
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	36
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	42
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	48
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	51
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	52
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	58
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	59
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	63
5.1	Захист від світлової радіації при зварюванні та різанні						
	металоконструкцій	.	.	.	.	.	63
5.2	Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під						
	час виконання зварювальних робіт виготовлення тягово-зчіпного						
	пристрою Т-109F	.	.	.	.	.	65
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	68
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	70

ВСТУП

Зварювання є одним із основних технологічних процесів виготовлення та ремонту виробів у різних галузях промисловості, будівництва й транспорту. Без зварювання неможливе виробництво автомобілів, кораблів, літаків, мостів, котлів, турбін, реакторів та інших конструкцій. Зварювання дозволило створити принципово нові конструкції машин, внести корінні зміни в конструкцію й технологію виробництва. Порівняно з іншими способами виготовлення конструкцій зварні є легшими та дешевшими. При цьому економія металу становить від 10 до 50%. За допомогою зварювання одержують нероз'ємні з'єднання майже всіх металів і сплавів різної товщини. Поряд з традиційними конструкційними сталями зварюють спеціальні сталі та сплави на основі титану, цирконію, молібдену, ніобію та інших матеріалів. [1, с. 3].

У промислово розвинених країнах понад половину валового національного продукту формується завдяки зварюванню та спорідненим технологіям. Майже дві третини світового обсягу сталевих прокатів використовуються для створення зварних конструкцій і споруд. До процесу зварювання можна залучати практично всі види матеріалів — від металів до пластмас, кераміки та скла. Ці технології застосовуються в найрізноманітніших умовах: на суші, під водою та навіть у космічному просторі. Діапазон товщини деталей, що зварюються, варіюється від мікроскопічних величин до масивних метрів, а маса готових конструкцій може коливатися від міліграмів до сотень тисяч тон.

У багатьох випадках саме зварювання виступає єдиним можливим і водночас найбільш результативним способом отримати нероз'ємне з'єднання між конструкційними матеріалами. Завдяки цьому процесу створюють ресурсозберігаючі заготовки, які максимально наближені за формою та геометрією до оптимального вигляду майбутньої деталі чи конструкції.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Тягово-зчіпний пристрій Т-109F, відомий як фаркоп, застосовується для комплектації автомобілів Toyota Land Cruiser Prado (90). Його основне призначення – забезпечення можливості буксирування легкових причепів цим транспортним засобом.

Тягово-зчіпний пристрій складається з основної балки, лівого та правого кронштейнів, додаткової пластини й опори, а також комплекту стандартних кріпильних елементів. Його габарити становлять: довжина – 834 мм, висота – 200 мм. Для виготовлення конструкції використовується металопрокат товщиною 8 мм.

Загальний вигляд конструкції виробу показано на рисунку 1.1.

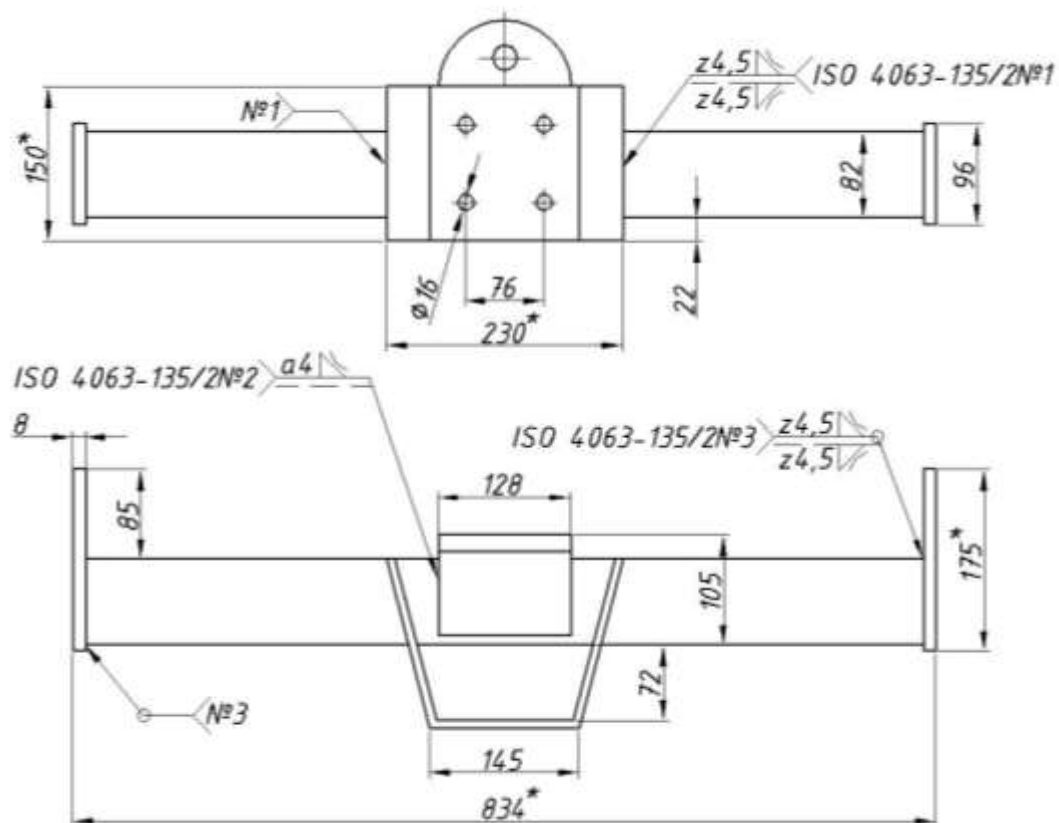


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд тягово-зчіпного пристрою Т-109F

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Оскільки конструкція працює під дією складних динамічних навантажень, під час її виготовлення необхідно суворо дотримуватися вимог до міцності та забезпечувати високу якість зварних з'єднань.

Виробництво тягово-зчіпного пристрою належить до категорії багатосерійного. Тому з економічної точки зору доцільно застосовувати більш сучасні та вдосконалені затискні пристосування, які забезпечують високу точність під час складання заготовок перед зварюванням.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F використовується конструкційна низьковуглецева якісна сталь 20. Її механічні властивості наведені в таблиці 1.1, а хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості Сталі 20 [2]

Стан постачання	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ_5	ψ
		%	
	не менше		
Прокат гарячекатаний	410	25	55

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Сталі 20, % [2]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,17-0,24	0,35-0,65	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,25	0,08

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є їхня зварюваність. Вона визначає здатність матеріалу утворювати під час застосування встановленої технології зварювання надійне з'єднання, яке відповідає вимогам конструкції та умовам експлуатації виробу. Поняття технологічної зварюваності розглядається як ступінь відповідності властивостей отриманого зварного шва характеристикам основного металу.

Оцінку зварюваності металу здійснюють шляхом визначення еквівалентного вмісту вуглецю C_e [3, с.127]:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + 5B, \quad (1.1)$$

де C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст хімічних елементів у сталі, %.

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0,24 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,25}{10} + \frac{0,25}{5} + \frac{0,25}{15} = 0,45 \quad \%$$

Еквівалентний вміст вуглецю становить 0,45 %, що свідчить про добру зварюваність сталі. Такий матеріал можна зварювати всіма відомими методами зварювання без необхідності виконання додаткових операцій, зокрема попереднього чи супутнього підігрівання під час процесу.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріал за своїм хімічним складом та механічними властивостями повинен відповідати вимогам чинних державних стандартів і технічних умов.

Якість та характеристики матеріалів повинні бути підтверджені виробником у відповідних сертифікатах.

Основні вимоги до матеріалів, їхні межі застосування, призначення, умови експлуатації та види випробувань повинні відповідати положенням чинних ДСТУ, що регламентують використання цих матеріалів.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткові вимоги до матеріалів, які встановлені відповідними стандартами чи технічними умовами, обов'язково мають бути відображені у технічній документації.

Для виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F застосовується Сталь 20, яка нормується за показниками хімічного складу та механічних властивостей. Завдяки цьому матеріал постачається вже з гарантованими характеристиками.

Перед виготовленням тягово-зчіпного пристрою усі його деталі повинні бути ретельно очищені від іржі, окалини та бруду. Щоб запобігти утворенню пор у зварних швах, необхідно також видалити залишки мастила та фарби з поверхні заготовок.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Оскільки пристрій виготовляється з гарячекатаних труб та листового металу, їхня поверхнева шорсткість становить Rz40. До параметрів шорсткості виробу спеціальних вимог не висувають, адже працездатність деталей конструкції практично не залежить від стану поверхні.

Забезпечення відповідності розмірів виробу встановленим допускам (граничним відхиленням $\pm \frac{IT6}{2}$) значною мірою залежить від точності виконання та дотримання технологічних процесів під час заготівельних операцій. Зокрема, це стосується таких етапів, як вирізання заготовок, гнуття та штампування.

До геометричних розмірів пристрою висуваються підвищені вимоги точності, адже він є важливим комплектуючим елементом автомобіля. У процесі експлуатації конструкція повинна витримувати значні динамічні навантаження.

Дотримання вимог щодо розмірів та форми виробу забезпечується за допомогою складально-зварювальних пристроїв. Вони фіксують деталі

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкції та унеможлиблюють їх зміщення під дією зварювальних деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Конструкція виробу та розташування зварних швів повинні забезпечувати: виконання зварювання відповідно до встановлених вимог, можливість розміщення нагрівальних пристроїв у разі місцевого підігріву, доступ для контролю якості з'єднань передбаченими методами, умови для проведення ремонту.

У машинобудуванні технологія зварювання вузлів повинна відповідати стандартам і гарантувати однакову міцність основного металу та зварного з'єднання. У певних випадках регламентуються мінімальні показники механічних властивостей, серед яких ключовими є міцність, ударна в'язкість та пластичність. Типи конструктивних елементів швів визначаються конструкторами і відображаються безпосередньо на кресленнях.

Для конструкційних вузлів, що працюють під дією змінних навантажень, небажано використовувати стикові з'єднання з накладками, зі зрізами, заокругленими кутами чи у формі ромба. У виняткових випадках допускається їх застосування, але лише за умови забезпечення рівномірного розподілу напружень.

Конструктивні елементи виконаних зварних з'єднань підлягають перевірці на відповідність вимогам, визначеним у технічній документації.

1.3.4 Вимоги до складання

Під час складання деталей перед зварюванням необхідно забезпечити точне взаємне розташування елементів конструкції та створити умови для зручного доступу до місць виконання робіт. Усі операції мають проводитися у визначеній технологічним процесом послідовності.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри розроблення кромки та величина зазору між ними, а також випадки виконання з'єднань без їх підготовки, повинні відповідати вимогам креслень і чинних стандартів на зварні шви.

Зварювальник може розпочати виконання робіт лише після підтвердження технологічним контролем правильності складання та якісної підготовки поверхонь, що підлягають зварюванню.

Складання елементів тягово-зчіпного пристрою Т-109F повинно виконуватися відповідно до вимог, визначених у технічних умовах або іншій конструкторсько-технологічній документації.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Обраний спосіб зварювання має гарантувати такі механічні властивості з'єднань, щоб вони не були нижчими за норми, визначені нормативно-технічною документацією. Крім того, корозійна стійкість повинна відповідати вимогам проекту або технічних умов, що регламентують виготовлення конкретної конструкції.

У зварних з'єднаннях не допускається виникнення таких зовнішніх дефектів:

- тріщини будь-якого типу та напрямку;
- пористість на поверхні шва;
- подрізи;
- напливи;
- незаварені кратери та інші подібні порушення.

Щоб уникнути появи дефектів у зварних з'єднаннях, необхідно ретельно обирати оптимальний метод зварювання та виконувати процес у правильно встановлених режимах.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

Рамні конструкції являють собою систему жорстко з'єднаних балок, що утворюють міцний каркас. Виготовлення тягово-зчіпного пристрою методом зварювання зазвичай починається зі створення окремих складальних елементів. Подальше складання полягає у точному дотриманні проектного взаємного розташування цих частин та виконанні необхідних спряжень між ними.

Процес виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F включає низку ключових операцій. До них належать: розмічування, різання металу, підготовка кромek, складання елементів, зварювання, транспортування, проведення контролю якості, завершальне складання та зварювання.

Узагальнено технологічний процес виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F охоплює такі ключові етапи: створення окремих складових деталей, виготовлення основної балки, їх подальше з'єднання за допомогою нерознімних конструктивних елементів.

На початковому етапі виготовляють заготовки, з яких у результаті формується сам тягово-зчіпний пристрій. Далі створюється балка з профільного металу, до якої приварюють кронштейни з обох боків – лівий та правий, виготовлені з листового матеріалу. Спочатку балку закріплюють у пристрої для складання, після чого по її боках встановлюють кронштейни. Базування здійснюється за плоскими поверхнями.

На наступному етапі на попередньо зварену балку з кронштейнами встановлюють пластину та опору. Спочатку їх фіксують прихопленнями, після чого виконується повне зварювання всієї конструкції.

На кожному етапі виготовлення тягово-зчіпного пристрою здійснюється контроль якості зварних з'єднань, який проводиться шляхом візуального огляду.

Виробничий технологічний процес здійснюється методом

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

напіваавтоматичного зварювання у середовищі вуглекислого газу. Використання цього способу дозволяє отримати високоякісні зварні з'єднання. Для виконання операцій застосовуються зварювальні напіваавтомати марки ПДГ-253 УМ-3.

Для виконання процесу застосовуються зварювальні напіваавтомати марки ПДГ-253 УМ-3, які забезпечують стабільність роботи та точність технологічних операцій. Як основні зварювальні матеріали використовують дріт марки Св-08 діаметром 1,0 мм та вуглекислий газ I сорту з допустимим вмістом домішок до 0,5 %.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Параметри режиму зварювання у вуглекислому газі

Катет шва, мм	3
Діаметр електродного дроту, мм	1,0
Струм зварювання, А	120
Напруга на дузі, В	21
Швидкість зварювання, м/год	20
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	195
Витрати вуглекислого газу, м ³ /с	1,6×10 ⁻⁴

Контроль якості зварних з'єднань цього виробу здійснюється на всіх стадіях його виготовлення. Він включає попередній контроль, що дозволяє оцінити правильність підготовки деталей перед зварюванням; операційний контроль, який проводиться безпосередньо під час виконання технологічних операцій; а також кінцевий контроль, спрямований на перевірку відповідності готового виробу встановленим вимогам та стандартам.

Під час зварювання у середовищі СО₂ спостерігається інтенсивніше, ніж при інших методах, розбризкування електродного металу. Частина крапель розплавленого металу, що вилітають із зони зварювання, осідає або

сплавляється з поверхнею деталі, а також може налипати на сопло пальника чи струмопідвідний мундштук.

Налипання крапель розплавленого металу на поверхню сопла пальника та струмопідвідного мундштука призводить до порушення рівномірної подачі електродного дроту і погіршення газового захисту. Щоб уникнути цих негативних наслідків, необхідно регулярно очищати сопло та мундштук.

У наявному технологічному процесі виготовлення тягово-зчіпного пристрою простежуються певні недоліки. Використання методу напівавтоматичного зварювання у вуглекислому газі супроводжується значним розбризкуванням металу, що ускладнює процес і потребує додаткового підігріву при інтенсивному виконанні робіт. Окрім цього, виробництво потребує модернізації – впровадження більш сучасних моделей зварювального обладнання.

Для вдосконалення технологічного процесу виготовлення тягово-зчіпного пристрою пропонується кілька напрямів. По-перше, доцільно застосовувати метод напівавтоматичного зварювання у газовій суміші, що складається з 83% аргону та 17% вуглекислого газу. Такий підхід полегшує виконання робіт з високою інтенсивністю, забезпечує надійний захист зварювальної ванни та зменшує розбризкування металу. По-друге, варто впроваджувати спеціальні пристрої та оснащення, які запобігають зміщенню металу під час процесу та гарантують точну фіксацію елементів конструкції. Нарешті, важливим кроком є використання сучасних моделей зварювального обладнання, що дозволить підвищити ефективність виробництва.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

При виборі оптимального способу зварювання для виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F необхідно враховувати низку ключових чинників. До них належать матеріал конструкції, товщина деталей, рівень відповідальності вузла, масштаб виробництва та встановлені вимоги до якості зварних з'єднань.

Беручи до уваги наведені фактори, для виготовлення даної конструкції обрано метод напіваавтоматичного зварювання у суміші газів, що складається з 83% аргону та 17% вуглекислого газу. При такому способі зварювальна дуга формується між кінцем електродного дроту та виробом, а її горіння відбувається у захисному газовому середовищі. Дріт подається в зону зварювання через мундштук пальника, що забезпечує захист розплавленого металу від впливу кисню та азоту навколишнього повітря.

До переваг даного способу відносять:

- високу ступінь концентрації тепла дуги, що забезпечує мінімальну ділянку структурних перетворень і відповідно невеликі деформації виробу;
- високу продуктивність процесу за рахунок механізації;
- легко піддається автоматизації і механізації;
- надійний захист зварювальної ванни;
- можливість спостереження за переміщенням кінця електрода;
- низький коефіцієнт розбризкування електродного металу;
- можливість зварювання деталей різної товщини;
- можливість зварювання в різних просторових положеннях;
- після зварювання не потрібно видаляти шлак із зварного шва, що в свою чергу зменшує час, який витрачається на виготовлення виробу;
- простота устаткування.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Недоліки даного способу наступні:

- необхідність застосування спеціальних захисних засобів проти світлової і теплової радіації дуги;
- порівняно зі звичайним способом напіваавтоматичного зварювання у вуглекислому газі, більша собівартість виконання зварних швів.

Продуктивність зварювання у суміші захисних газів істотно перевищує показники інших методів. Зокрема, вона у 1,5–4 рази вища порівняно з ручним дуговим зварюванням із застосуванням покритих електродів та приблизно у півтора рази ефективніша, ніж при зварюванні під флюсом.

Собівартість наплавлення одного кілограма металу при зварюванні у суміші захисних газів є значно нижчою порівняно з іншими методами. Вона виявляється у 2–2,5 рази меншою, ніж при ручному дуговому зварюванні покритими електродами, а також на 10–20% нижчою, ніж при зварюванні під флюсом.

З огляду на проаналізовані фактори, для виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F обрано метод напіваавтоматичного зварювання у суміші захисних газів, що складається з 83% аргону та 17% вуглекислого газу. Схематичне зображення цього способу наведено на рисунку 2.1.

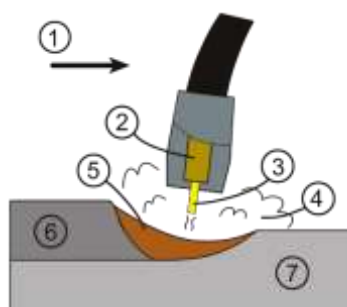


Рисунок 2.1 - Схема напіваавтоматичного зварювання у суміші захисних газів

1 – напрямок зварювання, 2 – мундштук, 3 – зварювальний дріт, 4 – захисний газ, 5 – ванна рідкого металу, 6 – зварний шов, 7 – основний метал

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Тягово-зчіпний пристрій Т-109F виготовляється з конструкційної якісної сталі 20. Вибір відповідних зварювальних матеріалів є ключовим етапом у розробленні технологічного процесу. Лише за умови правильного підбору основних та допоміжних матеріалів можна досягти високої якості зварних з'єднань, що забезпечують рівномірність металу шва з основним матеріалом конструкції.

Коректний підбір зварювальних матеріалів визначає не лише якість процесу, а й формує механічні та фізико-хімічні характеристики металу шва. Вони повинні забезпечувати надійність конструкції під час експлуатації. При виборі матеріалів важливо дотримуватися таких вимог:

- досягнення шва без пор, що гарантує герметичність і довговічність;
- отримання зварних з'єднань з високою технологічною міцністю, які витримують навантаження та забезпечують стабільність конструкції.

Для виконання зварювальних робіт використовується суміш захисних газів, що складається з 83% аргону та 17% вуглекислого газу. У процесі напіваавтоматичного електродугового зварювання основним матеріалом виступає зварювальний дріт, який формує шов, тоді як допоміжну роль виконує газова суміш.

У промисловості аргон отримують із повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, що дозволяє виділити кисень та азот, а також супутньо добути аргон. Цей газ належить до інертних і може постачатися як у рідкому, так і в газоподібному стані. Відповідно до вимог ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання пристрою використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою 99,998%.

Для якісного зварювання тягово-зчіпного пристрою Т-109F, щоб не допустити появу дефектів у зварних з'єднаннях використовується вищий сорт вуглекислого газу, в якого сторонні домішки складають 0,2%.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При зварюванні вуглецевих сталей високої якості шви без пор утворюються завдяки використанню кремнієво-марганцевого дроту Св-08Г2С. Цей матеріал забезпечує мінімальне забруднення металу шва оксидними включеннями, їхній вміст становить лише 0,009%. Такий результат досягається завдяки оптимальному складу дроту: у металі шва міститься близько 0,23% кремнію та 0,72% марганцю.

Для виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F застосовується зварювальний дріт Св-08Г2С. Його хімічний склад добре узгоджується з основним металом конструкції, що робить цей матеріал оптимальним вибором. Крім того, він широко використовується у машинобудуванні для зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей. Висока міцність у поєднанні з достатньою пластичністю досягається завдяки комплексному легуванню металу шва та ефективному розкисленню зварювальної ванни.

Хімісклад зварювального дроту Св-08Г2С наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [4, с.87]

Марка дроту	Вміст, %						
	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,5-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	0,20	0,25	0,025	0,030

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні параметрів режиму зварювання важливо забезпечити формування швів необхідних розмірів, форми та якості. Тому доцільніше не просто здійснювати вибір параметрів, а проводити їх розрахунок. Оскільки виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F виконується за допомогою

таврових з'єднань, розрахунок проводиться для кутового шва з катетом 4,5 мм. Схематичне зображення такого з'єднання наведено на рисунку 2.2.

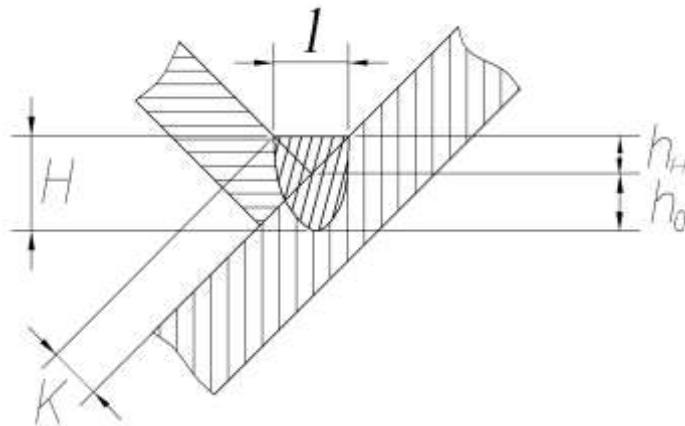


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

K - катет шва; H - висота шва; h_n - висота наплавленого металу; h_o - глибина проплавлення основного металу; l - ширина шва

Основними параметрами режиму зварювання у суміші захисних газів, які суттєво впливають на розміри і форму швів, є:

- діаметр і марка електродного дроту d_e , мм;
- зварювальний струм $I_{зв}$, А;
- напруга на дузі U_d , В;
- швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}$, м/год;
- швидкість зварювання $V_{зв.}$, м/год;
- виліт електродного дроту l_d , мм;
- витрати захисного газу Q_g , л/хв.

Згідно з вимогами державного стандарту, при зварюванні металу у суміші захисних газів обов'язковим є попереднє розроблення кромки для деталей товщиною понад 10 мм. У таких випадках кути розроблення зменшують до 40° , а притуплення виконують у межах 1–2 мм при зазорах 0–5

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

мм. Для стикових з'єднань з товщиною елементів від 1 до 10 мм рекомендується застосовувати однобічне зварювання без розроблення кромки.

Під час розрахунку параметрів режиму необхідно забезпечити отримання шва з катетом відповідної величини, що гарантує міцність і надійність конструкції.

Визначаємо площу наплавленого металу F_n за формулою [4, с.196]:

$$F_n = \frac{K^2}{2}, \quad (2.1)$$

де K – катет шва, $K=4,5$ мм,

$$F_n = \frac{4,5^2}{2} = \frac{20,25}{2} = 10,125 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу h_n за формулою [4, с.197]:

$$h_n = \sqrt{F_n}, \quad (2.2)$$

$$h_n = \sqrt{10,125} = 3,182 \text{ мм}.$$

Визначаємо ширину шва l , за формулою [4, с.197]:

$$l = \sqrt{2K^2}, \quad (2.3)$$

$$l = \sqrt{2 \cdot 20,25} = 6,364 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [4, с.196]:

$$\psi_m = \frac{l}{H}. \quad (2.4)$$

Тоді:

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H = \frac{l}{\psi_m}, \quad (2.5)$$

попередньо вибравши значення ψ_m , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], приймаємо $\psi_m=1,1$.

Отже:

$$H = \frac{6,364}{1,1} = 5,785 \quad \text{мм.}$$

Менше значення ψ_m відповідає великим струмам, відповідно великій продуктивності зварювання.

Визначаємо глибину проплавлення h_0 , за формулою [4, с.197]:

$$h_0 = H - h_n, \quad (2.6)$$

$$h_0 = 5,785 - 3,182 = 2,603 \quad \text{мм.}$$

Для зварювання конструкції із вуглецевої сталі з катетом 4,5 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,0 мм.

Визначаємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою [4, с.192]:

$$I_{зв} = \frac{h_0}{K_a} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,45$ [4, с.193].

$$I_{зв} = \frac{2,603}{1,45} \cdot 100 = 179,5 \approx 180 \quad \text{А.}$$

Отже, сила зварювального струму складає 180 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [4,с.194]:

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$V_{n.д.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{36}}{F_{el} \cdot \rho}, \quad (2.8)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=10$ г/А·год [4, с.189];

ρ – густина електродного дроту, для сталі $\rho=7,8 \times 10^3$ кг/м³;

F_{el} – площа поперечного перерізу дроту, яка визначається за формулою:

$$F_{el} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,0^2}{4} = 0,785 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{n.д.} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 180}{0,785 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 293,97 \quad \text{м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=295$ м/год.

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [4, с.194]:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{36}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 180}{1000 \cdot \sqrt{1,0}} \pm 1 = 29 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо $U_d=29$ В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}, \quad (2.10)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 1,0$ мм – $A = 3 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{3 \cdot 10^3}{180} = 16,667 \quad \text{м/год.}$$

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $V_{зв}=17$ м/год.

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [4, с.193]:

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}, \quad (2.11)$$

де j – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,0 мм $j=90\dots400$ А/мм² [5, с.244],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{180}{200}} = 1,07 \quad \text{мм},$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d=12$ мм.

Витрати захисного газу $Q_{г} = 16$ л/хв [4, с.226].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

ПАРАМЕТР			значення
назва	СИМВОЛ	одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	180
Напруга на дузі	U_d	В	29
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,0
Виліт електрода	l_d	мм	12
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	17
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	295
Витрати захисного газу	$Q_{г}$	л/хв	16

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Так як тягово-зчіпний пристрій T-109F буде зварюватися механізованим способом, то найраціональнішим варіантом є застосування зварювального напівавтомата ESAB Rogue EMP 210 PRO.

ESAB Rogue EMP 210 PRO – це багатопроцесна зварювальна система на основі інвертора, призначена для задоволення всіх потреб зварювального проекту, від легкого виготовлення до ремонту та технічного обслуговування. Система має продуктивність дуги промислового класу та повнофункціональні елементи управління, які дозволяють зварювальникові точно налаштувати характеристики дуги на основі матеріалу, що зварюється [6].

Однофазні зварювальні джерела живлення Rogue EM та EMP виводять все, порівняно з Caddy Mig, на новий рівень із перевіреною продуктивністю Rogue та міцним промисловим дизайном. Технологія Power Factor Control (PFC) забезпечує високоефективну та стійку дугу, стійку до коливань потужності [6].

Повнокольоровий 5-дюймовий екран та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволяють легко отримати доступ до всіх функцій та параметрів навіть за яскравого сонячного світла. Максимально підвищить продуктивність за допомогою цього багатопроцесного зварювального апарату з Synergic MIG, Manual MIG, MIG Sraing, Flux-Cored, Lift TIG, Stick/MMA та 6010 cellulosic [6].

За допомогою Arc Dynamics можна точно налаштувати характеристики дуги на основі матеріалу, що зварюється. Розширені функції MIG включають регульований попередній та постпотік, контроль спалювання, пробіг дроту та продування газу. У режимі MMA гарячий запуск та керування силою дуги забезпечують плавний запуск та зварювання послідовних швів [6].

Характеристики даного зварювального напівавтомата описані в таблиці 2.3, а його загальний вигляд представлений на рисунку 2.3.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата ESAB Rogue EMP 210 PRO [6]

Показник	Значення
Напруга мережі, В	230
Діапазон налаштування напруги, В	15,5 – 24,5
Діапазон налаштування струму, А	30 – 210
Швидкість подачі дроту, м/хв	2,0 – 16,5
Діаметр зварювального дроту, мм	0,6-1,0
Максимальний діаметр котушки, мм	100, 200
Коефіцієнт корисної дії, %	>82
Клас корпусу	IP23S
Сертифікація	CE
Розміри, ДхШхВ, мм	590x220x385
Вага, кг	16,7



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата ESAB Rogue EMP 210 PRO [6]

					<i>КР.422.36.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості займає важливе місце в технологічному процесі виготовлення зварних конструкцій. Оскільки одержані результати перевірки дозволять дати загальну характеристику якості продукції. Однак, якщо присутні дефекти, то завдання контролю якості також полягає і у визначенні причин, які власне спричинили їх появу.

Зовнішній огляд ДСТУ EN ISO 17637:2017 Неруйнівний контроль зварних швів. Візуальний контроль з'єднань виконаних зварюванням плавленням здійснюють для визначення дефектів поверхонь зварних швів. Виконується візуально, часто з використанням лупи 10-кратного збільшення. Перед оглядом зварний шов і біляшовну зону по 20 мм з кожного боку зачищають від шлаку, бризок і забруднення. Стики паропроводів з аустенітних сталей піддають механічній і хімічній обробці. Розміри зварного шва і дефектних ділянок визначають вимірювальним інструментом і спеціальними шаблонами, які зображені на рис. 2.4 [7, с.332].

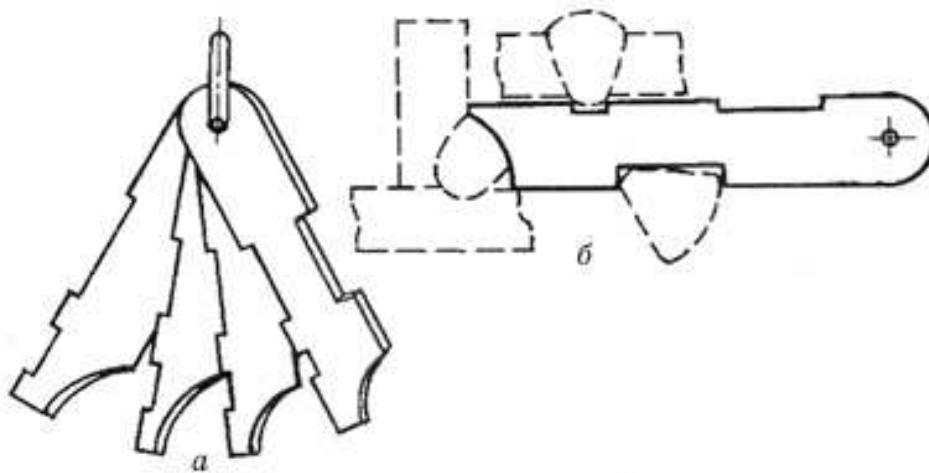


Рисунок 2.4 – Набір шаблонів для визначення розмірів перерізів швів (а) і схема проведення замірів (б)

Обробку шва здійснюють для визначення дефектів у сумнівних місцях після проведення контролю іншими методами і для контролю кутових швів.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Виконується вирубуванням, свердлінням, термічним різанням. Наприклад, у шві свердлять поглиблення діаметром на 2–3 мм більшим ширини шва, поверхню шліфують і травлять 15 %-им розчином азотної кислоти. При цьому будуть помітними межі шва і можливі дефекти [7, с.332-333].

Межі тріщин виявляють засвердлюванням, підрубкою металу зубилом, шліфуванням дефектної ділянки і подальшим травленням. Після нагрівання до вишнево-червоного кольору тріщини мають вигляд темних зигзагоподібних ліній. Якщо передбачена термообробка зварного з'єднання, контролюють після неї [7, с.333].

Технологічна проба виконується для визначення сплавлення металу, характеру злому з'єднання (по шву чи основному металу), наявності непроварів та інших внутрішніх дефектів за допомогою лупи 10-кратного збільшення. Здійснюється при атестації зварників, для контролю зварювальних матеріалів і вибраної технології [7, с.333].

Відповідно до умов експлуатації даної конструкції, найоптимальнішим варіантом є візуально-оптичний метод контролю якості зварних з'єднань. Але деякі зразки із вибраних партій проходять також руйнівні випробування на розтяг – для визначення реальних характеристик міцності та пластичності конструкції.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F складається із таких основних етапів:

- підготовка деталей;
- розроблення кромки;
- складання конструкції;
- зварювання;
- очищення швів і прилягаючих поверхонь;

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- контроль якості;
- механічна обробка;
- фінішні операції.

2.6.1 Заготівельні операції

Заготовки виготовляють із листового прокату та профільних труб. Для виконання розмічування застосовують прості й точні інструменти: рулетку, металеву лінійку та маркер.

Вирізання заготовок із листового прокату здійснюється за допомогою монтажної пили CAT DX519 (рис. 2.5). Розроблення кромки проводиться на поперечно-стругальному верстаті 7E35 (рис. 2.6). Перед виконанням складальних операцій поверхні очищають із використанням кутових шліфувальних машин Milwaukee AGV 12-125 X (рис. 2.7). Для видалення мастильних речовин зі зварювальної поверхні застосовують розчинники, протираючи її тканиною.



Рисунок 2.5 – Монтажна пила марки CAT DX519



Рисунок 2.6 – Поперечно-стругальний верстат 7E35

					<i>КР.422.36.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 2.7 – Кутова шліфувальна машина Milwaukee AGV 12-125 X

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання проводиться візуальна перевірка відповідності деталей та вузлів вимогам креслення. Під час складальних операцій забезпечується таке взаємне розташування елементів, яке відповідає їхньому положенню у готовому виробі. Складальний вузол повинен мати достатню жорсткість і міцність, щоб запобігти деформаціям у процесі зварювання. Для складання та подальшого зварювання тягово-зчіпного пристрою Т-109F застосовуються складально-зварювальні кондуктори.

Послідовність складання та зварювання конструкції:

- закріплення першого елемента у пристосуванні;
- встановлення наступних елементів із фіксацією по пазу та упором до сусідньої деталі;
- розміщення інших частин конструкції у пристосуванні;
- фіксація усіх встановлених деталей для запобігання їх зміщенню;
- виконання швів у дозволених місцях та прихоплень там, де повне зварювання неможливе;
- відкріплення вузла з пристосування та його вилучення;
- завершальне формування швів для отримання міцної та надійної конструкції.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Перед початком роботи виконується налагодження напівавтомата та газового обладнання відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання. Зокрема, встановлюється необхідна сила зварювального струму, регулюються витрати захисного газу та задається оптимальна швидкість подачі електродного дроту.

Послідовність дій під час складання та зварювання:

- виконання швів у доступних місцях та накладання прихоплень там, де повне зварювання неможливе;
- відкріплення складальної одиниці та її вилучення з кондуктора;
- завершальне формування швів.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювання проводиться зачищення швів та видалення металевих бризок із поверхні конструкції. Для виконання опоряджувальних операцій застосовуються такі інструменти та засоби: захисні окуляри Neo Tools, інженерний молоток Bosch 300 г, кутова шліфувальна машина Milwaukee AGV 12-125 X, щітка-крацовка Spitce дискова 125x22,2 мм.

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні операції при виготовленні зварної конструкції охоплюють низку дій, які не формують сам шов, але забезпечують якість та надійність кінцевого виробу.

Спершу здійснюється підготовка робочого місця, що включає організацію інструментів, обладнання та засобів захисту. Далі проводиться очищення поверхонь від окалини, іржі та мастильних речовин, а також розмічування деталей для точного складання.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На етапі складання застосовуються прихоплення, які тимчасово фіксують елементи, запобігаючи їх зміщенню. Після виконання основного зварювання проводиться зачистка швів та видалення бризок металу.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції у процесі виготовлення зварної конструкції охоплюють комплекс перевірок на кожному етапі виробництва. Насамперед здійснюється контроль вхідних матеріалів, що дозволяє переконатися у відповідності сталі та профілів вимогам стандартів.

Далі проводиться контроль зварювальних матеріалів, зокрема електродного дроту та захисних газів, аби гарантувати їхню якість і придатність до роботи. Наступним етапом є перевірка заготівельних, складальних та опоряджувальних операцій, а також самого процесу зварювання, що забезпечує точність і відповідність технологічним вимогам.

Завершальним кроком виступає контроль зварних з'єднань та готової продукції із застосуванням універсальної лупи 60 мм з кратністю збільшення x10.

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварної конструкції і витрат матеріалів та електроенергії

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться з метою визначення їх кількості, необхідної для виготовлення зварної конструкції, а також для забезпечення економного використання та раціонального застосування ресурсів у зварювальному виробництві. Такий підхід дозволяє підприємствам промисловості та будівництва оптимізувати процеси, зменшити втрати та підвищити ефективність роботи. Загальні правила нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх визначення у виробничих умовах встановлює ДСТУ 3159-95

					<i>КР.422.36.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

«Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [8].

При виконанні механізованого зварювання плавким електродом у середовищі захисних газів нормуванню підлягають ключові витратні матеріали. Йдеться про електродний дріт, кількість якого визначається залежно від довжини, товщини та конфігурації зварного з'єднання, а також про захисний газ, витрати якого розраховуються відповідно до режиму роботи, типу суміші та умов виконання зварювання.

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [8,с.6]:

$$Q_n = \alpha_n \cdot I_{зв} \cdot l_{ш}, \quad (2.12)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_n=10$ г/А·год;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=180$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=0,97$ м.

Отже:

$$Q_n = 10 \cdot 180 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3} = 1,746 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [8,с.7]:

$$H_{ел} = Q_p + Q_{нт}; \quad (2.13)$$

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

$$Q_p = Q_n \cdot K_p, \quad (2.14)$$

де K_p – коефіцієнт витрат зварювального дроту, $K_p=0,7$;

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p = 1,746 \cdot 0,7 = 1,222 \quad \text{кг},$$

$Q_{\text{нп}}$ – маса наплавленого металу,

$$Q_{\text{нп}} = Q_p \cdot K_0, \quad (2.15)$$

де K_0 – коефіцієнт втрат зварювального дроту, $K_0=0,5$;

$$Q_{\text{нп}} = 1,746 \cdot 0,5 = 0,873 \quad \text{кг}.$$

Отже:

$$H_{\text{ел}} = 1,222 + 0,873 = 2,095 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [8,с.10]:

$$H_z = Q_p \cdot K_z, \quad (2.16)$$

де K_z – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту, $K_z=0,85 \dots 0,9$;

$$H_z = 1,222 \cdot 0,85 = 1,039 \quad \text{л / хв}.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

$$E = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot \eta_n \cdot K_n}, \quad (2.17)$$

де U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

K_n – коефіцієнт корисної дії джерела дуги, $K_n=0,75$;

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = \frac{29}{10 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 4,296 \quad \kappa Bm.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_{\partial} \cdot I_{3\phi} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.18)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,059$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 29 \cdot 180 \cdot 0,059}{0,9 \cdot 0,75} = 4,563 \quad \kappa Bm \cdot год.$$

					<i>КР.422.36.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Складально-зварювальна оснастка має деякі специфічні особливості, що відрізняють її від технологічної оснастки, яка застосовується в машинобудуванні. Тому необхідно ознайомитись з цими особливостями, щоб враховувати їх при розробці складально-зварювальної оснастки [9, с.28]:

-зварна конструкція складається з великої кількості різноманітних заготовок, з'єднаних за допомогою зварних швів. При складанні конструкції забезпечують послідовне установлення заготовок в пристрої з наступним незалежним фіксуванням кожної з них. Установлені в необхідному положенні заготовки закріплюються притискачами або притискачами та прихватками з додержанням, визначених технологічним процесом зазорів;

-під час зварювання окремі деталі та поверхні пристроїв зазнають впливу місцевих високих температур, бризок та капель розплавленого металу і шлаку, а також частинок флюсу, шлакової кірки і обмазки електродів;

-у несучих та опорних конструкціях складально-зварювального пристрою виникають зусилля від власної ваги та від ваги зварюваного виробу;

-у конструктивних елементах складально-зварювального пристрою виникають зусилля від деформацій виробу, що утворюються в процесі зварювання та наступного охолодження закріпленого виробу. Тому такі пристрої повинні сприяти зменшенню залишкових деформацій зварного вузла;

-окрім того, в функціональних елементах пристрою можуть виникати зусилля, що пов'язані з попереднім деформуванням виробу для компенсації залишкових зварювальних деформацій;

- у складально-зварювальних пристроях виникають розпирні та стягуючі сили від нерівномірного нагрівання заготовок при зварюванні, а також сили від підгинання та припасовування заготовок;

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- пристрої повинні забезпечувати вільні температурні подовження заготовок при зварюванні та їх скорочення при наступному охолодженні. У зв'язку з цим притискачі пристрою повинні забезпечувати таке переміщення закріплених заготовок в напрямку, перпендикулярному дії сили притискачів;

-найвища якість зварних швів та продуктивність зварювання забезпечуються в нижньому положенні зварюваних кромek, що досягається за рахунок використання поворотних пристроїв;

Ці особливості необхідно враховувати при розробці складально-зварювальної оснастки [9, с.28, 29].

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Особливість складання під зварювання полягає у послідовному орієнтуванні всіх елементів виробу відповідно до проектних розмірів та їх точному суміщенні згідно зі складальним кресленням. Перед виконанням зварювання деталі тимчасово закріплюють за допомогою затискних пристроїв або прихоплень.

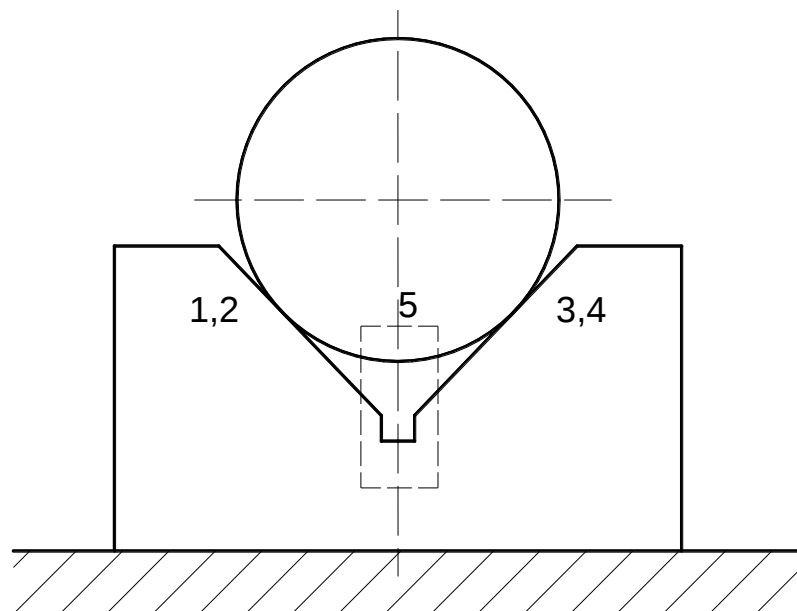


Рисунок 3.1 – Схема базування призматичної заготовки

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі складання під зварювання важливу роль відіграє форма поверхні кожної окремої деталі, адже саме вона визначає конфігурацію встановлювальних елементів у пристрої. Конструкція цих елементів безпосередньо залежить від правильного вибору базових точок, ліній та поверхонь на деталях, що входять до складу тієї чи іншої складальної одиниці. Саме точність визначення базових елементів забезпечує правильне взаємне розташування деталей.

Встановлювальні елементи або фіксатори виконують ключову функцію – вони забезпечують точне позиціонування деталей у складальному пристосуванні. До таких елементів висуваються кілька важливих вимог. По-перше, вони повинні гарантувати необхідну точність встановлення деталей вузла чи конструкції в цілому. По-друге, конструкція має забезпечувати зручність монтажу у пристосуванні та створювати умови для комфортного виконання зварювання. Крім того, фіксатори повинні мати достатню міцність і жорсткість, щоб запобігати деформаціям виробу під час процесу. Важливою вимогою є також можливість легкого знімання готової конструкції з пристосування без пошкоджень чи ускладнень.

Під час складання тягово-зчіпного пристрою для точного орієнтування деталей за базовими поверхнями використовують постійні упори (рис.3.2).

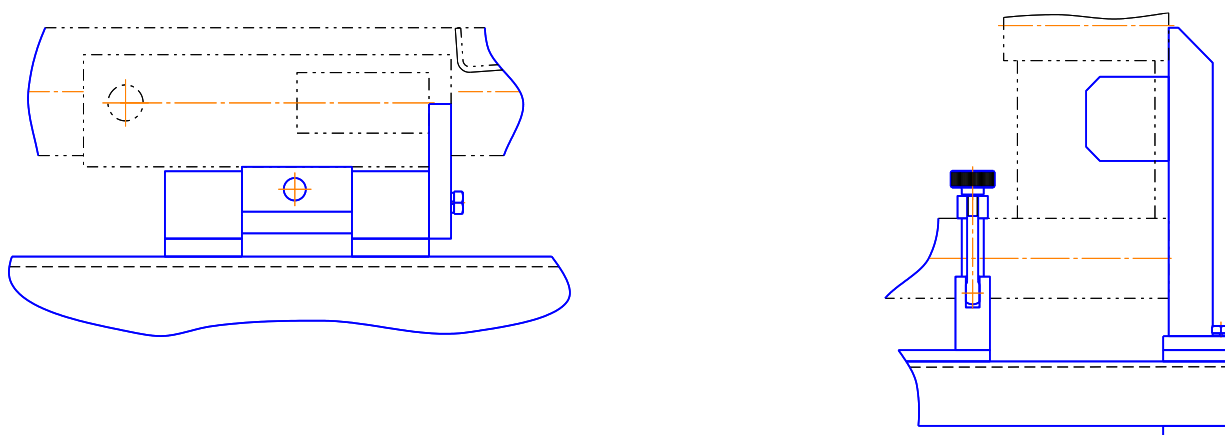


Рисунок 3.2 - Встановлювальні елементи складальних пристосувань

Найпоширеніші постійні упори виконують у вигляді оброблених стійок, кутників чи пластин. Їх закріплюють на основі складального пристосування

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

шляхом приварювання або пригвинчування зі штифтовим фіксуванням. У випадках, коли стаціонарний упор ускладнює встановлення деталі чи знімання готового вузла, застосовують відкидні упори, що забезпечують більшу зручність роботи. Для одночасного позиціонування елементів за двома поверхнями використовують кутові упори.

Для точного встановлення деталей за отворами у складальних пристосуваннях застосовують різні типи встановлювальних пальців та штирів (рисунок 3.3).

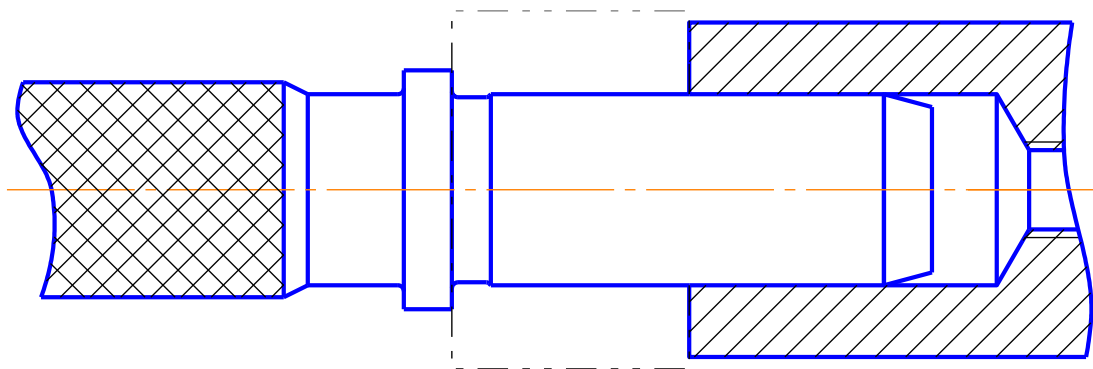


Рисунок 3.3 – Установлювальний знімний палець

Постійні пальці закріплюють у складальному пристосуванні жорстко – за допомогою зварювання, запресування або різьбового кріплення. Водночас у випадках, коли стаціонарний палець ускладнює встановлення чи знімання елементів, застосовують знімні або відкидні пальці.

Для точного встановлення деталей у складі зварюваного вузла часто застосовують шаблони. Вони слугують орієнтиром, що дозволяє монтувати нові елементи відповідно до вже закріплених частин конструкції.

У процесі складання зварюваного вузла як фіксатори можуть застосовуватися опорні гнізда. Вони призначені для грубого встановлення виробу одночасно по трьох поверхнях, що забезпечує базове орієнтування деталей у складальному пристосуванні. Конструктивна особливість таких гнізд полягає в тому, що їхня ширина повинна перевищувати максимальну можливу ширину

виробу на кілька міліметрів. Це створює умови для вільного встановлення елемента та безперешкодного знімання готової конструкції після завершення зварювання.

У складально-зварювальних пристосуваннях притискачі та затискачі виконують функцію надійного утримання деталей у заданому положенні, що гарантує точність складання та стабільність конструкції під час зварювання. Вони запобігають зміщенню елементів і деформаціям, які можуть виникати внаслідок теплових напружень.

Конструктивно ці елементи можуть бути гвинтовими, ексцентриковими, важільними або пневматичними, що дозволяє адаптувати їх до різних умов виробництва. Важливою характеристикою є зручність у роботі - вони повинні забезпечувати швидке встановлення та знімання деталей, скорочуючи час підготовки. Крім того, притискачі та затискачі мають бути достатньо міцними й жорсткими, щоб витримувати навантаження без втрати точності, а також універсальними, аби застосовуватися для різних типів вузлів і деталей.

Схеми притискачів які використовуються для виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F зображено на рисунку 3.4.

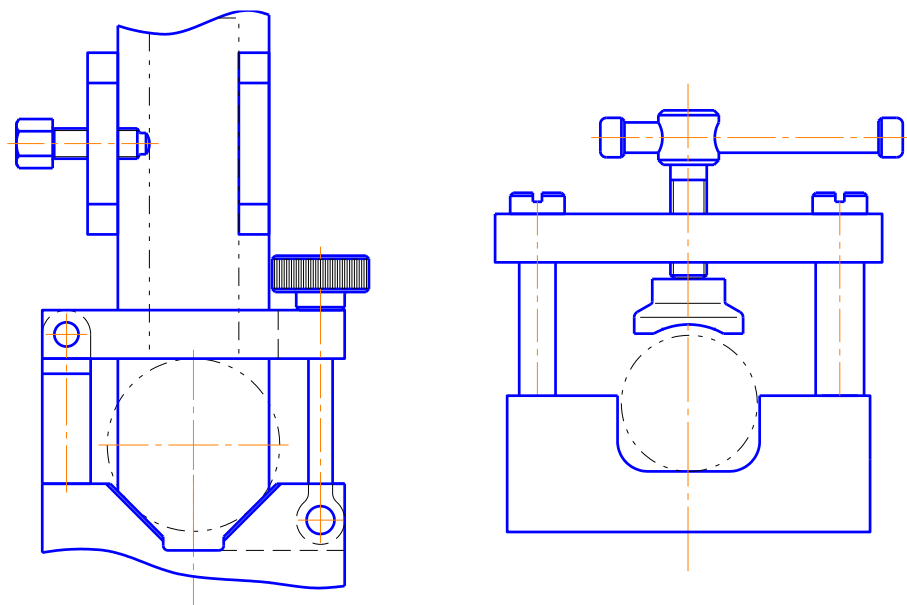


Рисунок 3.4 – Схеми гвинтових притискачів

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Щоб отримати зварні конструкції високої якості, необхідно забезпечити коректне складання деталей виробу. Це передбачає точне взаємне розташування елементів та їх надійне закріплення у складальному пристосуванні. Лише за умови правильного позиціонування можна гарантувати відповідність геометрії вузла проектним параметрам, уникнути небажаних деформацій під час зварювання і досягти стабільної міцності готового виробу.

Процес складання зварювального виробу включає низку послідовних операцій, які забезпечують правильність та якість кінцевої конструкції. Спершу необхідно здійснити подачу деталей, з яких формується виріб або вузол, безпосередньо до місця складання. Далі ці елементи встановлюють у складальному пристосуванні у визначеному положенні, після чого вони закріплюються й переходять до етапу зварювання.

Для транспортування та точного розташування деталей застосовують універсальне або спеціальне обладнання, яке забезпечує їх подачу та позиціонування. Положення деталей під час складання визначається установчими елементами самого пристосування або вже змонтованими суміжними частинами вузла. Закріплення здійснюється за допомогою затискних елементів.

У розроблених складальних пристосуваннях застосовують різні елементи для утримання та позиціонування деталей – серед них гвинтові притискачі, а також різного типу упори і призми. Їхнє використання забезпечує точне встановлення деталей у потрібному положенні та запобігає зміщенню під час технологічних операцій. Основне призначення такого обладнання полягає у фіксації та закріпленні елементів зварюваного виробу.

У складально-зварювальному виробництві широко застосовують кондуктори, які значно підвищують точність і зручність роботи. Це спеціальні пристрої, що складаються з площинної або просторової рами чи плити, на яких розміщені установчі елементи та затискні механізми.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 - Характеристика тягово-зчіпного пристрою Т-109F

Показник	Одиниці вимірюв.	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	834x250x200	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат сталь 20	кг	19,6	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	4,9	
захисний газ (суміш – Ar 83% +CO ₂ 17%)	кг	7,5	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	3,6	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь 20	грн	39,32	39,26
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	144,21	138,75
захисний газ (суміш – Ar 83% +CO ₂ 17%)	грн	37,5	37
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	18	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка лінійка кернер маркер	293 149 155 85	IV	$\frac{4,4}{4,2}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Монтажна пила CAT DX519, верстат лазерний Aramis LTC85	10400 4075600			IV	$\frac{4,5}{4,4}$
Кромкування	$\frac{3}{П}$	Поперечно-стругальний верстат 7E35	140000	молоток	750	IV	1,7
Очищування	$\frac{3}{П}$	Піскоструминна камера	24000	щітка по металу Spitce	105	III	$\frac{3,9}{3,2}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-зварювальний кондуктор	160000	молоток	750	IV	$\frac{5,5}{4,5}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат ESAB Rogue EMP 210 PRO	90000			IV	$\frac{4,4}{4,2}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Milwaukee AGV 12-125 X	2660	диск абраз. Bosch 125x6,0x22 молоток	31 750	III	$\frac{3,9}{3,1}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Набір інструм. візуально-вимірювального контролю	18000	лупа, 10х	95	VI	3,0
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Електроталь	90000			IV	1,6

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 31,3;

по проекту 28,3;

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,6;
по проекту 1,6.

Загальна штучна норма часу: по заводу 32,9;
по проекту 29,9.

Для виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [10, с.9]:

$$\Phi_{yc} = D_{роб} \cdot S \cdot g \cdot (1 - K_p), \quad (4.1)$$

де $D_{роб} \sim$ кількість робочих днів в році, $D_{роб} = 253$ дні;

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

K_p - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, $K_p = 0,03 \dots 0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,06) \approx 1903_{год}.$$

Потреба в устаткуванні (робочих місцях) розраховується по кожній операції технологічного процесу або по сумі трудомісткості операцій, що виконуються на однотипному устаткуванні.

Розрахунок проводять за формулою [10, с.10]:

$$n = \frac{T_{шт} \cdot B_{пр}}{\Phi_{yc} \cdot K_{вн}}, \quad (4.2)$$

де $T_{шт}$ - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 4.2);

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання, $K_{вн} = 1,1$.

$B_{пр}$ - програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 1520$ шт.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні тягово-зчіпного пристрою Т-109F:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,2 \approx 3_{шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,05 \approx 3_{шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,27 \approx 3_{шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,19 \approx 3_{шт.}$$

Кількість робочих місць для кромкування заготовок (за двома варіантами):

$$n = \frac{1,7 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 1,23 \approx 1_{шт.}$$

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{3,9 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,83 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,32 \approx 2 \text{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,99 \approx 4 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,27 \approx 3 \text{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,2 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 3,05 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$n = \frac{3,9 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,83 \approx 3 \text{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,25 \approx 2 \text{шт}.$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу (за двома варіантами):

$$n = \frac{3,0 \cdot 1520}{1903 \cdot 1,1} = 2,18 \approx 2 \text{шт}.$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [10, с.12]:

$$n = \frac{\sum_1^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 1520 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

$N_{кр}$ - кількість кранових операцій на один i -тий об'єкт;

$t_{кр}$ - тривалість одної операції, год;

Φ_n - номінальний річний фонд часу, год., приймається для однозмінної роботи рівним 2100 год;

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{1520 \cdot 1 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,7} = 0,83 \approx 1 \text{шт}.$$

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Приймаємо одну електроталь для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [10, с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_1^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \quad (4.4)$$

де r_{oi} - кількість основних працівників i -тої професії, чол;

$\sum_1^y T_{um} i$ - штучна норма часу по i -тим операціям, год;

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 1520$ шт;

Φ_{ef} - ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається 1850 год;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 1,1 \dots 1,2$;

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,2}{1850 \cdot 1,1} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,5}{1850 \cdot 1,1} = 3,36 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання скосу кромки (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 1,7}{1850 \cdot 1,1} = 1,27 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,91 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,2}{1850 \cdot 1,1} = 2,39 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 5,5}{1850 \cdot 1,1} = 4,1 \approx 4 \text{ чол.}$$

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,5}{1850 \cdot 1,1} = 3,36 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,1} = 3,29 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 4,2}{1850 \cdot 1,1} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,9}{1850 \cdot 1,1} = 2,91 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,1}{1850 \cdot 1,1} = 2,32 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1520 \cdot 3,0}{1850 \cdot 1,1} = 2,24 \approx 2 \text{ чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 1$ чол.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	3	3	IV	IV
різальники	3	3	IV	IV
кромкувальники	1	1	IV	IV
очищувальники	3	2	III	III
складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	30	27	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн							
					на один виріб				на програму			
З/П	Сталь 20	кг	39,32	39,26	1482,36	1480,1	2253193,28	2249755,04				
З/П	Зварюв. дріт Св-08Г2С	кг	144,21	138,75	706,63	679,88	1074076,08	1033410				
З/П	Зах. суміш – Ar 83% +CO ₂ 17%	кг	37,5	37	281,25	277,5	427500	421800				
Р- ом					2470,24	2437,48	3754769,36	3704965,04				
В- нт	Транспортно- заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн				
	% ц. куп.	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму		
З/П	5	1,97	1,96	74,12	74	112659,66	112487,75	18	18	27360	27360	
З/П	5	7,21	6,94	35,33	33,99	53703,8	51670,5					
З/П	5	1,88	1,85	14,06	13,88	21375	21090					
Р- ом		11,05	10,75	123,51	121,87	187738,47	185248,25	18	18	27360	27360	

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [10, с.18]:

$$Z_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

де y - кількість технологічних операцій;

C_{pi} - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для відрядної оплати праці, грн.

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [10, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [10, с.18]:

$$Z_{oo} = Z_{oo}(D_1 + D_2), \quad (4.6)$$

де D_1 - доплата за шкідливість, грн, $D_1 = 12...24\%$, приймаємо $D_1 = 20\%$; D_2 - інші доплати, грн, $D_2 = 15...20\%$, приймаємо $D_2 = 15\%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [10, с.18]:

$$Z_{no} = Z_{oo} \cdot P, \quad (4.7)$$

де P - розмір премій та надбавок, грн, $P = 40\%$.

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (4.5), (4.6) та (4.7) множаться на кількість виробів (B).

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 3,8 \cdot 16,5 \cdot 4,4 = 275,88 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 275,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 96,56 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 275,88 \cdot 0,4 = 110,35 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$З_{\text{оо}} = 3,8 \cdot 16,5 \cdot 4,2 = 263,34 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 263,34 \cdot (0,2 + 0,15) = 92,17 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 263,34 \cdot 0,4 = 105,34 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,8 \cdot 17 \cdot 4,5 = 290,7 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 290,7 \cdot (0,2 + 0,15) = 101,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 290,7 \cdot 0,4 = 116,28 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,8 \cdot 17 \cdot 4,4 = 284,24 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 284,24 \cdot (0,2 + 0,15) = 99,48 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 284,24 \cdot 0,4 = 113,7 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці кромкувальників:

$$З_{\text{оо}} = 8,1 \cdot 16,5 \cdot 1,7 = 227,21 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 227,21 \cdot (0,2 + 0,15) = 79,52 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 227,21 \cdot 0,4 = 90,88 \text{ грн};$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,2 \cdot 17 \cdot 3,9 = 278,46 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 278,46 \cdot (0,2 + 0,15) = 97,46 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 278,46 \cdot 0,4 = 111,38 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,2 \cdot 17 \cdot 3,2 = 228,48 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 228,48 \cdot (0,2 + 0,15) = 79,97 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 228,48 \cdot 0,4 = 91,39 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,9 \cdot 18,5 \cdot 5,5 = 396,83 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 396,83 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,89 \text{ грн};$$

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$З_{по} = 396,83 \cdot 0,4 = 158,73 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3,9 \cdot 18,5 \cdot 4,5 = 324,68 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 324,68 \cdot (0,2 + 0,15) = 113,64 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 324,68 \cdot 0,4 = 129,87 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 19,5 \cdot 4,4 = 386,1 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 386,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 135,14 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 386,1 \cdot 0,4 = 154,44 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 19,5 \cdot 4,2 = 368,55 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 368,55 \cdot (0,2 + 0,15) = 128,99 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 368,55 \cdot 0,4 = 147,42 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,2 \cdot 17 \cdot 3,9 = 278,46 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 278,46 \cdot (0,2 + 0,15) = 97,46 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 278,46 \cdot 0,4 = 111,38 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,2 \cdot 17 \cdot 3,1 = 221,34 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 221,34 \cdot (0,2 + 0,15) = 77,47 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 221,34 \cdot 0,4 = 88,54 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{оо} = 5,2 \cdot 21 \cdot 3 = 327,6 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 327,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 114,66 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 327,6 \cdot 0,4 = 131,04 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{оо} = 9 \cdot 21,5 \cdot 1,6 = 309,6 \text{ грн};$$

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{до} = 309,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 108,36 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 309,6 \cdot 0,4 = 123,84 \text{ грн.}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [10, с.19]:

$$Z_{од} = r_{д} \cdot C_p \cdot \Phi_{эф}, \quad (4.8)$$

де $Z_{од}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{д}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

C_p - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

Додаткова заробітна плата ($Z_{од}$) та премії і надбавки ($Z_{нд}$) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 4.6, 4.7).

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 30,25 \cdot 1850 = 111925 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 111925 \cdot 0,35 = 39173,75 \text{ грн};$$

$$Z_{пд} = 111925 \cdot 0,4 = 44770 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 30,25 \cdot 1850 = 111925 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 111925 \cdot 0,35 = 39173,75 \text{ грн};$$

$$Z_{пд} = 111925 \cdot 0,4 = 44770 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 30,25 \cdot 1850 = 55962,5 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 55962,5 \cdot 0,35 = 19586,88 \text{ грн};$$

$$Z_{пд} = 55962,5 \cdot 0,4 = 22385 \text{ грн.}$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою[10, с.19]:

$$Z_{on} = r_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (4.9)$$

де Z_{on} - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

Додаткова заробітна плата (Z_{on}) та премії і надбавки (Z_{nn}) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 8150 \cdot 12 = 97800 \text{ грн ;}$$

$$Z_{дп} = 97800 \cdot 0,35 = 34230 \text{ грн;}$$

$$Z_{пп} = 97800 \cdot 0,4 = 39120 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 8000 \cdot 12 = 96000 \text{ грн;}$$

$$Z_{до} = 96000 \cdot 0,35 = 33600 \text{ грн;}$$

$$Z_{по} = 96000 \cdot 0,4 = 38400 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основ. робітники:						
розмічувальники	209392,92	199875,06	73287,52	69956,27	83757,17	79950,02
різальники	220641,3	215738,16	77224,46	75508,36	88256,52	86295,26

Продовження таблиці 4.5

кромкувальники	57482,87		20119		22993,15	
очишувальники	211351,1	115610,9	73972,9	40463,81	84540,46	46244,35
складальники	401586,9	246428,3	140555,4	86249,91	160634,8	98571,33
зварювальники	293049,9	279729,5	102567,5	97905,31	117220	111891,8
зачишувальники	211351,1	111998	73972,9	39199,31	84540,46	44799,22
контролери	165765,6		58017,96		66306,24	
транспортувальники	78328,8		27415,08		31331,52	
Доп. робітники:						
налагоджувальники	111925		39173,75		44770	
ремонтники	111925		39173,75		44770	
електрики	55962,5		19586,88		22385	
ІТР	97800		34230		39120	
МОП	96000		33600		38400	
Разом	2322563,07	1944569,68	812897,07	680599,39	1378957,1	1227759,75

4.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	З	П
Основні матеріали:	2470,24	2437,48
сталь 20	1482,36	1480,1
зварювальний дріт Св-08Г2С	706,63	679,88
захисна суміш (Ar 83% +CO ₂ 17%)	281,25	277,5
Поворотні відходи	18	
Паливо та енергія на технологічні цілі	40,8	40,75
Основна заробітна плата основних робітників	1216,42	967,74
Додаткова заробітна плата основних робітників	425,75	338,71
Премії та надбавки основних робітників	486,57	387,09

Продовження таблиці 4.6

Відрахування на соціальне страхування	29,8	23,71
Відрахування на медичне страхування	53,22	42,34
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	497,04	497,04
Цехові (дільничні) витрати	344,25	344,25
Всього цехова собівартість	5546,09	5061,11

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість в натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	4086000	4086000	204300	204300
кромкувальне	1	1	140000	140000	7000	7000
очишувальне	3	2	24000	24000	1200	1200
складальне	4	3	160000	160000	8000	8000
зварювальне	3	3	90000	90000	4500	4500
зачишувальне	3	2	2660	2660	133	133
контрольне	2	2	18000	18000	900	900
транспортне	1	1	90000	90000	4500	4500
Інструменти:						
молоток	8	6	750	750	37,5	37,5
диск зачисний	6	4	31	31	1,55	1,55
щітка	6	4	105	105	5,25	5,25
рулетка	3	3	293	293	14,65	14,65

Продовження таблиці 4.7

кернер	3	3	155	155	7,75	7,75
лінійка	5	5	149	149	7,45	7,45
маркер	3	3	85	85	4,25	4,25
лупа	2	2	95	95	4,75	4,75
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будівлі та споруди	4725000	4725000	5	236250	236250	
Устаткування:						
різальне	12462300	12462300	8	996984	996984	
кромкувальне	147000	147000	8	11760	11760	
очищувальне	73200	49200	8	5856	3936	
складальне	648000	488000	7	45360	34160	
зварювальне	274500	274500	6,5	17842,5	17842,5	
зачищувальне	8113	5453	8	649,04	436,24	
контрольне	36900	36900	8	2952	2952	
транспортне	94500	94500	7	6615	6615	
Інструменти: молоток диск зачисний щітка рулетка кернер лінійка маркер лупа			16			
	6037,5	4537,5		966	726	
	187,55	125,55		30,01	20,09	
	635,25	425,25		101,64	68,04	
	893,65	893,65		142,98	142,98	
	472,75	472,75		75,64	75,64	
	752,45	752,45		120,39	120,39	
	259,25	259,25		41,48	41,48	
	194,75	194,75		31,16	31,16	
	Разом	18478946,15		18290514,15		1325777,84

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [10, с.27]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{nn} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (4.10)$$

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 19924,59$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 18887,77$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 5546,09$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 5061,11$ грн/шт);

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($E_n = 0,15$).

$$E_{\phi} = ((19924,59 + 0,15 \cdot 5546,09) - (18887,77 + 0,15 \cdot 5061,11)) \cdot 1520 = 1686541,84 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [10, с.28]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{ocz} - \Phi_{ocn}}{E_{yp}}, \quad (4.11)$$

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 25583226,4$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 24671241,6$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [10, с.28]:

$$E_{yp} = B \cdot (C_{nz} - C_{nn}), \quad (4.12)$$

$$E_{yp} = 1520 \cdot (19924,59 - 18887,77) = 1575966,4 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{25583226,4 - 24671241,6}{1575966,4} = 0,58 \text{ р.}$$

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниці вимірюв.	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	1520	1520
Кількість технологічного устаткування	шт	16	14
Собівартість товарної продукції	грн	19924,59	18887,77
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	30	27
- основних робітників	чол	23	20
Фондомісткість продукції	грн/шт	5546,09	5061,11
Умовна річна економія	грн	-	1575966,4
Річний економічний ефект	грн	-	1686541,84
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,58
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	10138,59	9677,75
- різальники	грн	10683,23	10445,82
- кромкувальники	грн	8349,78	8349,78
- очищувальники	грн	10233,41	8396,64
- складальники	грн	14583,32	11931,81
- зварювальники	грн	14189,18	13544,21
- зачищувальники	грн	10233,41	8134,25
- контролери	грн	12039,3	12039,3
- транспортувальники	грн	11377,8	11377,8

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Захист від світлової радіації при зварюванні та різанні металоконструкцій

Для захисту очей і обличчя зварника від світлової радіації електричної дуги застосовують ручні щитки, маски або каски.

Ці вимоги регламентують захисні характеристики (відсутність проникнення випромінювання дуги, стійкість матеріалу корпусу до бризок розплавленого металу, питома електрична міцність матеріалу корпусу, опір ізоляції каски), а також масу, габаритні розміри й міцність щитка. Найважливішим і відповідальним елементом щитків є світлофільтри, призначені для захисту очей від ультрафіолетового, видимого та інфрачервоного випромінювання. Світлове випромінювання дуги повинне бути послаблене світлофільтрами в $10^2 - 10^6$ разів. При цьому світлофільтри повинні мати достатню величину пропускання у видимій області спектра, що необхідно для спостереження за місцем зварювання [1, с.465].

Нині широко застосовують скляні світлофільтри серії С, які поділяють на 13 класів. Вони забезпечують захист очей від випромінювань при зварюванні та струмах від 5 до 1000 А [1, с.465].

Щитки випускають двох видів: із світлофільтром для нормального огляду (розміром 52x102 мм) і збільшеного (90x120 мм). Від подряпин, пропалів та інших пошкоджень зовні світлофільтр захищає скло товщиною до 2,5 мм. Усередині також установлюють прокладку з оргскла товщиною не більше 2 мм [1, с.465].

Захисні ручки й наголовні щитки для електрозварників із світлофільтрами для нормального та збільшеного огляду призначені для зварювання швів складної конфігурації (перехід із нижнього положення у

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

стельове, вертикальне та в зворотному напрямку, для зварювання з підвищеною швидкістю або у важко доступних місцях).

Для захисту очей робітників застосовують відповідні окуляри. У випадках, коли зварювання можна здійснювати без захисного щитка або для спостереження за процесом при механізованому (автоматичному) зварюванні, використовують захисні окуляри із світлофільтрами. Для захисту очей допоміжних робітників застосовують окуляри В-1 і В-2 [1, с.466].

Широко застосовують щитки з автоматичним затемненням, у яких встановлено світлофільтр із змінним пропусканням світла. Принцип дії заснований на зміні коефіцієнта пропускання (прозорість фільтра) світлового випромінювання при запалюванні зварної дуги. Фільтр має три робочих стани: відкрите, закрите й проміжне. Забороняється зварювання «всліпу» і при частій зміні положення щитка при заміні електродів, контролю шва.

Робітників від світлової дуги захищають: обладнанням кабін для зварників (при зварюванні в стаціонарних умовах і порівняно невеликих розмірах зварних виробів); переносними щитками або ширмами з негорючих матеріалів (при непостійному робочому місці зварника і великих виробках).

Для послаблення контрасту між яскравістю світла дуги, поверхнею стін цеху (або кабін) і обладнання їх фарбують у світлі тони з розсіюваним відображенням світла, а також забезпечують хороше освітлення оточуючих предметів.

При ураженні очей світловою радіацією дуги необхідно негайно звернутися до лікаря, у випадку відсутності швидкої медичної допомоги очі промивають слабким розчином питної соди [1, с.467].

Таким чином, світлова радіація електричної дуги має негативний вплив на здоров'я зварників, особливо це стосується очей і незахищених ділянок шкіри. Тому під час виконання зварювальних робіт потрібно застосовувати захисні щитки, маски, каски, окуляри та захисний одяг, що унеможливить шкідливий вплив даного випромінювання.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виконання зварювальних робіт виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F

Тягово-зчіпний пристрій Т-109F виготовляється методом механізованого зварювання в захисних газах, тому вимоги охорони праці і пожежної безпеки будуть безпосередньо стосуватися даного технологічного процесу.

Вибираючи технологію процесу зварювання перевагу слід надавати тому процесу, при якому буде забезпечуватися більша безпека праці. Необхідно використовувати ті види та марки зварювальних матеріалів (електроди, дріт, флюси, захисні гази тощо), які в процесі зварювання забезпечують мінімальне виділення в повітря шкідливих речовини. Не допускається використання зварювальних матеріалів, що не пройшли гігієнічну оцінку в установленому порядку [11, с.113].

При створенні технологічних процесів зварювання слід передбачити максимально можливу механізацію та автоматизацію процесів зварювання та його окремих елементів. Допустимі показники важкості та напруженості праці зварників повинні бути не вищі II класу.

Зварювальне обладнання, що застосовується у технологічних процесах зварювання, повинно відповідати загальним вимогам таких нормативних документів: ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» та ДНАОП 0.00-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» [11, с.113].

Обов'язковим етапом проектування технологічних процесів зварювання є розробка відповідних засобів та заходів колективного захисту від впливу характерних для даного процесу шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Одним із таких заходів є застосування пристроїв місцевої витяжної вентиляції з системами очищення видаленого повітря від аерозолів та газів. Механізоване зварювальне обладнання повинно мати вмонтовані

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

повітроприймальні пристрої для уловлювання цих аерозолів і газів. Треба враховувати, що зварювання з недіючою місцевою витяжною вентиляцією не допускається.

Безпека праці процесів дугового і електрошлакового зварювання має відповідати вимогам ДСТУ 2456-94, контактного зварювання – ДСТУ 2489-94 [11, с.113].

Механізоване дугове зварювання в захисних газах.

Місцевими повітроприймачами необхідно видаляти повітря [11, с.113, 114]:

- під час дугового зварювання в CO_2 – не менше ніж $50 \text{ м}^3/\text{год}$;
- під час дугового зварювання в інертних газах та сумішах газів, а також під час автоматичного зварювання в CO_2 – не менше ніж $150 \text{ м}^3/\text{год}$.

Експлуатація балонів, контейнерів зі стиснутим і скрапленим газом, рамп, повинна здійснюватися у відповідності з відповідними нормами.

Балони зі стиснутими газами слід розташовувати на відстані не ближче 5 м від зварювального пальника і 1 м – від опалювальних приладів. У разі наявності на опалювальних приладах екранів, що захищають балони від нагрівання, відстань від балона до екрана має бути не меншою 0,1 м [11, с. 114].

Таким чином, безпечне виконання зварювальних процесів при виготовленні тягово-зчіпного пристрою Т-109F має вирішальне значення, тому що від цього залежить життя людей, які задіяні в даному виробничому процесі.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ВИСНОВКИ

У даній роботі проведено аналіз існуючої технології виготовлення тягово-зчіпного пристрою Т-109F та обладнання, що застосовується для його виробництва. В результаті дослідження було виявлено низку недоліків, які обмежують можливості підвищення продуктивності та не дозволяють забезпечити необхідний рівень якості продукції.

На основі проведеного аналізу було розроблено пропозиції щодо вдосконалення чинної технології зварювання, які спрямовані на підвищення ефективності виробничого процесу. Запропоновані зміни дозволяють забезпечити високу якість формування зварних швів, зменшити ймовірність дефектів та водночас збільшити продуктивність праці.

Таким чином, існуюча технологія потребує вдосконалення як у сфері організації складання, так і у використанні більш ефективного технологічного обладнання, що дозволить оптимізувати процеси та досягти стабільної якості кінцевого виробу.

У рамках дослідження було здійснено економічний розрахунок, метою якого стало обґрунтування доцільності впровадження розробленого технологічного процесу та вибору відповідного устаткування. Такий підхід дозволяє оцінити ефективність запропонованих рішень не лише з технічної, а й з економічної точки зору, визначити рівень витрат і очікувану вигоду від модернізації.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 20. Характеристики сталі 20: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-20/?srsltid=AfmBOor_UtxPhDlN62cMeQx3Z6F0kGq_52hvbRshlWP3eH5nPa-z8Rwe (дата звернення: 20.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Напівавтомат зварювальний ESAB Rogue EMP 210 PRO. Зварювальні апарати MIG: веб-сайт. URL: <https://plusminus.in.ua/ru/svarochnoe-oborudovanie-253/poluvavtomaticheskaya-svarka-mig-213/svarochniy-poluvavtomat-esab-rogue-emp-210-pro-2997/> (дата звернення: 25.05.2026).
7. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. Київ: Основа, 2021. 400 с.
8. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

9. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві /2-ге видання, переробл. та доповн.: навч. посібник. Київ: Арістей, 2006. 272 с.

10. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

11. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 181 с.

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.36.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		