

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
рами причепа для транспортування будівельних виробів

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

Роман РЕШЕТУХА

Керівник

Віталій СЕНЧИШИН

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

РЕШЕТУСІ Роману Івановичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами причепа для транспортування будівельних виробів

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віталій Степанович
(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 Громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці

5.2 Вимоги безпеки праці під час проведення зварювальних робіт виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами причепа – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами причепа для транспортування – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення кондуктора для зварювання рами причепа ТБВ – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення пневматичного механізму притискання – 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)

Роман РЕШЕТУХА

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів 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 trailer frame for transporting construction products 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	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	10
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	10
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	11
1.3.4 Вимоги до складання	12
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	20
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	26
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	28
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	30
2.6.1 Заготівельні операції	28
2.6.2 Складальні операції	31
2.6.3 Складально-зварювальні операції	32

					<i>КР.422.21.00.00.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення рами причепа для ТБВ Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Решетука</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Сенчишин Віт.</i>					<i>4</i>	<i>72</i>
<i>Реценз.</i>						<i>ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Залуцька</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Дранівська</i>						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	33
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	33
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	34
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	37
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	37
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	39
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	43
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	43
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	49
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	52
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	53
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	59
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	59
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	62
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	64
5.1	Громадський контроль за дотриманням законодавства про						
	охорону праці	.	.	.	.	.	64
5.2	Вимоги безпеки праці під час проведення зварювальних робіт						
	виготовлення рами причепа для транспортування будівельних						
	виробів.	.	.	.	.	.	65
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	69
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	70
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	72

ВСТУП

Зварювання – це технологічний процес створення нероз’ємного з’єднання між деталями, який ґрунтується на встановленні міжатомних зв’язків у зоні стику. Такий зв’язок формується в результаті нагрівання, пластичної деформації або комбінованої дії тепла та механічного впливу.

Зварювання широко використовується в більшості галузей народного господарства – від легкої промисловості до енергетики, транспорту та авіації. Проте найбільше значення воно має саме в машинобудуванні та будівельній індустрії.

Розвиток зварювального виробництва, впровадження прогресивних способів зварювання підвищують вимоги щодо рівня підготовки зварників. Підвищення теоретичних знань і практичних навичок у роботі, засвоєння нових методів і прийомів зварювання при сучасному рівні виробництва є одним із основних завдань освоєння й впровадження у виробництво досягнень науки і техніки в галузі зварювання [1, с. 3, 4].

Найбільш поширеним методом зварювання в промисловості є зварювання в середовищі захисних газів, особливо з використанням їхніх сумішей. Така популярність зумовлена відносно низькою вартістю окремих видів захисних газів, а також суттєвим підвищенням якості та продуктивності зварювального процесу.

Завдяки високій продуктивності зварювального процесу, відмінній якості та надійності зварних з’єднань, а також економному використанню металу, зварювання стало провідним технологічним методом у виробництві металевих конструкцій усіх типів.

У процесі вдосконалення технології виготовлення рами причепа основна увага приділяється покращенню зварювального процесу. Це передбачає використання найбільш ефективного обладнання, адаптованого до специфіки конструкції, а також застосування сучасного складального устаткування і чітко визначеної послідовності технологічних операцій.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Рама причепа призначена для транспортування будівельних виробів і є основним елементом конструкції виробу. Вона виконана у вигляді зварної металевої конструкції першого класу, що забезпечує високу міцність і надійність під час експлуатації. Загальна маса виробу становить 310 кг.

Під час виготовлення даної конструкції необхідно дотримуватись таких технологічних вимог:

а) підготовка кромek зварювальних елементів та складання з'єднань повинні здійснюватися відповідно до вимог робочих креслень — як щодо чистоти поверхні, так і з урахуванням точності геометричних розмірів конструктивних деталей;

б) усі зварювальні роботи мають виконуватись в закритому приміщенні, що забезпечує стабільні умови процесу та захист від зовнішніх впливів;

в) кожне зварне з'єднання повинно піддаватися технологічному контролю;

г) зварювальне обладнання має відповідати технічним характеристикам, передбаченим для даного виду робіт, і бути справним та сертифікованим.

Вигляд рами причепа показано на рисунку 1.1.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

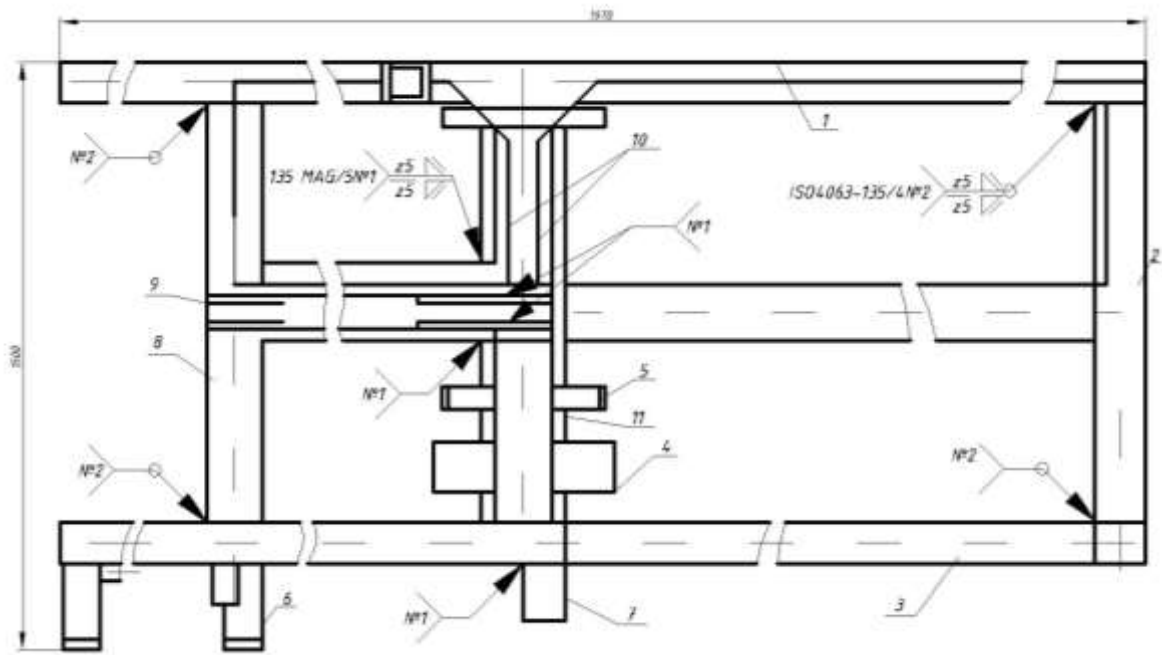


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд рами причепа для транспортування будівельних виробів

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Під час виготовлення конструкції необхідно суворо дотримуватись технічних вимог, що забезпечують якість і надійність виробу. Зокрема, підготовка кромek деталей та складання зварних з'єднань повинні відповідати робочим кресленням як за чистотою поверхні, так і за точністю розмірів. Всі зварювальні операції мають виконуватись у закритому приміщенні, що гарантує стабільні умови процесу. Параметри режиму зварювання повинні бути підібрані з урахуванням товщини деталей, марок сталей, що використовуються, та типу зварювальних матеріалів, щоб забезпечити належну якість з'єднань відповідно до вимог для кожного типу шва.

Після завершення зварювання всі з'єднання підлягають технологічному контролю. Зварні шви необхідно ретельно очищати від шлаку, а лицьові поверхні, призначені для фарбування, - від бризок металу. Такі поверхні мають

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

бути чітко позначені в конструкторській документації для забезпечення правильного виконання подальших робіт.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення рами причепа, призначеної для транспортування будівельних виробів, застосовується конструкційна низьколегована сталь марки 09Г2С. Цей матеріал обрано завдяки його високим експлуатаційним характеристикам, зокрема міцності, пластичності та стійкості до низьких температур. Механічні властивості сталі 09Г2С наведено в таблиці 1.1, а її хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 09Г2С [2]

Стан постачання	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5 , %
	МПа		не менше
Прокат сортовий і фасонний	345	490	21

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 09Г2С, % [2]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,12	1,3-1,7	0,5-0,8	0,040	0,035	0,30	0,30	0,30	0,08

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю C_e [3, с.127]:

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

де C, Mn, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст відповідного елемента в сталі, %.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$C_e = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,51 \quad \%$$

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю перевищує 0,45, для запобігання утворенню тріщин у зварних з'єднаннях після виконання зварювання необхідно здійснювати попередній підігрів матеріалу до температури 350 °С. Такий технологічний захід сприяє зниженню внутрішніх напружень у зварних з'єднаннях.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріали та напівфабрикати, що застосовуються у виробництві рами причепа, повинні відповідати встановленим стандартам і технічним умовам.

Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів, що застосовуються у виробництві рами причепа:

а) марка сталі для зварної конструкції повинна обиратися з урахуванням її конструктивного призначення та зварюваності. Для досягнення необхідних механічних характеристик і високої ударної в'язкості доцільно використовувати сталь із підвищеним вмістом марганцю;

б) напівфабрикати мають бути вільними від тріщин та інших дефектів, які можуть знизити експлуатаційну надійність конструкції. Допустимі пошкодження, що не виходять за межі мінусового допуску, дозволяється усувати механічним способом – шляхом шліфування або зрубання;

в) якість та фізико-механічні властивості матеріалів і напівфабрикатів повинні відповідати вимогам чинних технічних умов і стандартів, що гарантує довговічність і безпечну експлуатацію виробу.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Висока несуча здатність і економічність зварної конструкції забезпечуються завдяки ретельній підготовці деталей до зварювання, належній чистоті поверхонь та якісному складанню елементів перед зварювальними роботами.

Вимоги до геометричної форми та розмірів виробу:

а) конструкція повинна забезпечувати необхідну жорсткість під час дії експлуатаційних навантажень – це є базовою вимогою технічних умов при її проектуванні;

б) досягнення точності розмірів деталей забезпечується подальшою технологічною обробкою. Відхилення заготовок від заданої кривизни не повинно перевищувати 1 мм на кожен метр довжини, але загальне відхилення по всій довжині не має перевищувати 10 мм;

в) відхилення геометричної форми зварної конструкції, а також зміщення або перенесення окремих елементів, що виникають у процесі складання та зварювання, мають бути чітко регламентовані у технічних умовах на виготовлення виробу.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Вимоги до зварних з'єднань конструкції:

а) протягом усього терміну експлуатації зварні з'єднання повинні забезпечувати належну міцність, витривалість і стійкість до навантажень, передбачених умовами роботи виробу;

б) міцність металу зварного шва має відповідати міцності основного металу, що гарантує рівномірність механічних характеристик конструкції;

в) на надійність зварного з'єднання істотно впливають дефекти, зокрема тріщини, непровари, крихкість металу в зоні термічного впливу тощо. Тому

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

при розробці технологічного процесу слід особливу увагу приділяти вибору матеріалів, способів і режимів зварювання, а також зварювального обладнання, які мінімізують ризик виникнення таких дефектів;

г) геометричні осі елементів, що з'єднуються, повинні сходитися в одній точці – центрі вузла. Крім того, необхідно забезпечити можливість накладання зварних швів у положенні, зручному для якісного виконання зварювальних робіт.

1.3.4 Вимоги до складання

Вимоги до процесу складання конструкції:

а) перед початком складання всі деталі та заготовки підлягають перевірці згідно з кресленнями; особливу увагу слід приділяти відповідності габаритних розмірів, а також якості обробки кромки;

б) підготовка кромки і зазорів між складальними елементами повинна відповідати вимогам чинних рекомендацій:

1) ручне зварювання ММА-111;

2) механізоване зварювання в захисних газах MIG-131 (інертний газ), MAG-135 (активний газ);

3) процес складання конструкції має здійснюватися в складальних пристосуваннях.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Технологічний процес складання та зварювання має бути спрямований на досягнення максимальної точності, що дозволяє зберегти високу якість зварних з'єднань, зменшити переріз швів і обмежити ширину біляшовної зони. Досягнення необхідної якості зварного з'єднання можливе за умови дотримання таких вимог:

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

а) зварювальні роботи повинні виконуватись виключно з використанням сертифікованих і відповідних матеріалів, зокрема захисного газу та зварювального дроту;

б) після завершення зварювання не допускається наявність дефектів, таких як непровари, тріщини чи пори;

в) необхідно забезпечити постійний контроль якості виконання зварювальних робіт на всіх етапах.

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

У процесі виготовлення рами причепа переважно застосовуються заготовки з профільного прокату.

Виготовлення рами включає низку послідовних операцій, спрямованих на забезпечення точності, міцності та відповідності технічним вимогам: розмічування, механічне оброблення, складання-зварювання, транспортування, контроль якості, інші технологічні операції.

Під час виготовлення рами причепа розмічування деталей здійснюється за допомогою ручних інструментів, таких як рулетки, лінійки та шаблони, що дозволяє точно визначити контури та точки обробки відповідно до креслень. Різання матеріалу проводиться газополуменевим способом, який ефективний для товстостінного прокату, або механічним методом із використанням кутових шліфувальних машинок, що забезпечує мобільність і швидкість обробки. Для очищення заготовок застосовують як механічні, так і хімічні методи. Механічне очищення передбачає видалення забруднень, іржі та окалини за допомогою шліфувальних машинок, щіток або абразивних кругів. Хімічна обробка включає операції знежирення та травлення поверхні, що сприяє покращенню якості зварювання та адгезії покриттів.

Під час виготовлення рами причепа застосовується метод ручного дугового зварювання з використанням плавкого електрода. Для реалізації

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

цього способу використовуються сучасні зварювальні апарати інверторного типу, зокрема модель KENDE IN-285.

Для виконання ручного дугового зварювання при виготовленні рами причепа використовуються електроди з рутиловим покриттям марки Дніпро-М діаметром 3 мм.

Зварювання рами причепа здійснюється на постійному струмі прямої полярності, що сприяє глибокому проплавленню металу та стабільному горінню дуги. Під час роботи дотримуються оптимальних параметрів: відстань між торцем електрода та поверхнею виробу становить 1–3 мм, а кут нахилу електрода – приблизно 75° . Такий режим забезпечує стійкість процесу зварювання, зменшує ризик дефектів і дозволяє отримати рівномірний, якісний зварний шов із належними механічними характеристиками.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Параметри режиму ручного дугового зварювання

Катет шва, мм	4
Діаметр електрода, мм	3
Струм зварювання, А	120

Під час зварювання покритими електродами характерним явищем є підвищене розбризкування електродного металу, що спостерігається значно інтенсивніше порівняно з іншими способами зварювання. У процесі формування зварної дуги частина розплавленого металу у вигляді дрібних крапель вилітає із зони зварювання. Ці краплі можуть налипати на поверхню виробу або навіть частково сплавлятися з основним металом, утворюючи небажані напливи чи нерівності.

Одним із суттєвих недоліків чинного технологічного процесу виготовлення рами причепа є використання ручних затискних пристроїв. Ці пристрої потребують постійного втручання з боку складальника-

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

зварювальника, що не лише ускладнює процес позиціонування та фіксації елементів конструкції, а й значно збільшує загальний час складання.

З огляду на виявлені недоліки в існуючому технологічному процесі виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів, постає необхідність його вдосконалення за кількома ключовими напрямками. Насамперед слід оптимізувати процеси різання та зачищення заготовок, застосовуючи більш точне та ефективне обладнання. Важливо також розробити і впровадити сучасні технології зварювання, які забезпечать підвищення продуктивності та зменшення розбризкування електродного металу, що позитивно вплине на якість зварних з'єднань і зменшить потребу в додатковій обробці. Окрему увагу слід приділити модернізації затискних пристроїв: заміна ручних фіксаторів на механізовані дозволить скоротити час складання. Крім того, впровадження більш продуктивного устаткування на всіх етапах виробництва сприятиме загальному підвищенню ефективності виробничого процесу.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Доцільність вибору конкретного способу зварювання при виготовленні рами причепа визначається на основі комплексного аналізу низки ключових факторів. Насамперед враховуються технічні та економічні вимоги до зварних з'єднань, зокрема їх міцність, довговічність, якість швів і вартість виконання робіт. Важливу роль відіграє зварюваність матеріалу конструкції — здатність сталі забезпечувати надійне з'єднання без утворення дефектів. Не менш значущим є рівень продуктивності, який необхідно досягти в умовах серійного або масового виробництва.

Під час виготовлення цієї конструкції виникають певні обмеження щодо вибору способу зварювання, оскільки зварні шви розташовані в різних просторових положеннях і мають обмежену довжину. З огляду на це, для реалізації зварювальних робіт доцільно застосовувати один із таких методів:

- а) ручне зварювання;
- б) механізоване зварювання в захисних газах;
- в) газове зварювання.

Застосування автоматичного зварювання під шаром флюсу є недоцільним для даної конструкції, оскільки її особливості не дозволяють ефективно реалізувати цей метод.

Ручне дугове зварювання вирізняється простотою обладнання та невисокими витратами на виробництво, що робить його економічно вигідним у порівнянні з іншими методами. Однак цей спосіб має низку суттєвих недоліків: низька ефективність роботи, шкідливі умови для зварника, потреба у висококваліфікованому персоналі, відсутність автоматизації та висока ймовірність виникнення дефектів.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низку суттєвих переваг, що роблять його ефективним і широко застосовуваним у

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

сучасному виробництві. Зокрема, цей метод характеризується відносно високим рівнем автоматизації, що сприяє підвищенню продуктивності праці та зниженню витрат на виготовлення виробів. Завдяки відкритій дузі зварювальник має змогу візуально контролювати процес – спостерігати за переміщенням дуги та формуванням зварної ванни, що позитивно впливає на якість з'єднання. Метод дозволяє виконувати зварювання в різних просторових положеннях і застосовується для металів різної товщини – від надтонких листів (0,2–0,9 мм) до масивних конструкцій (10–20 мм).

Водночас, напівавтоматичне зварювання має і певні недоліки. Одним із них є інтенсивне розбризкування електродного металу, що може призводити до забруднення обладнання та потребує додаткового очищення. Для роботи необхідне джерело постійного струму, що обумовлює певні технічні вимоги до електроживлення. Крім того, через відкриту дугу зварювальник піддається впливу світлової та теплової радіації, тому обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту.

Газове зварювання має низку переваг, які роблять його зручним і доступним методом з'єднання металів. Однією з головних переваг є плавний характер нагріву, що дозволяє уникнути різких термічних навантажень на матеріал. Цей спосіб не потребує джерела електроенергії, що особливо корисно в умовах, де немає доступу до електромережі. Крім того, газове зварювання є простим у виконанні та економічно вигідним, а також дозволяє працювати не лише з чорними металами, але й з кольоровими металами та їхніми сплавами.

Однак, попри свою універсальність, метод має і суттєві недоліки. Використання горючих газів створює потенційну вибухонебезпеку, що вимагає дотримання суворих правил безпеки. Газове зварювання важко механізувати та автоматизувати, що обмежує його застосування в сучасному промисловому виробництві. Крім того, цей спосіб чутливий до зовнішніх умов – протяги та низькі температури можуть негативно впливати на якість

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

зварного шва. До того ж, газове зварювання ефективне переважно для тонких металів, оскільки при великій товщині матеріалу забезпечити належне проплавлення стає складно.

Тому, для виготовлення рами причепа застосовується напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, з використанням газової суміші МІХ-2, яка складається з 81% аргону, 18% вуглекислого газу та 1% кисню. Такий склад забезпечує оптимальні умови для стабільного горіння дуги, хорошого формування зварного шва та мінімізації розбризкування металу.

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

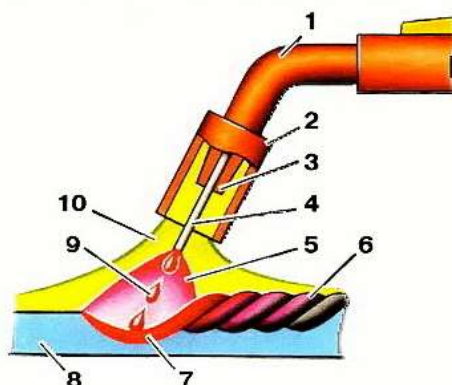


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів

1 - пальник; 2 - сопло; 3 – струмопровідний мундштук; 4 –електродний дріт; 5 - зварювальна дуга; 6 – зварний шов; 7 –зварювальна ванна; 8 - основний метал; 9 – краплі електродного металу; 10 – газовий захист

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Сталь марки 09Г2С є оптимальним вибором для виготовлення рами причепа, призначеного для транспортування будівельних виробів.

Застосування захисних зварювальних сумішей замість традиційного вуглекислого газу відкриває нові можливості для підвищення ефективності зварювального процесу без необхідності змінювати технологію чи

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

переоснащувати обладнання. Завдяки покращеній стабільності дуги та більш якісному перенесенню металу в зварювальну ванну, досягається значне збільшення швидкості зварювання, що позитивно впливає на продуктивність. Крім того, це сприяє формуванню більш надійного та якісного зварного шва.

Застосування таких сумішей дозволяє істотно розширити робочий діапазон регулювання режимів зварювання як за напругою, так і за силою струму. Наприклад, швидкість подачі дроту може зрости з 6–7 м/хв до 12–14 м/хв, що є суттєвим показником для промислового виробництва. У практичному застосуванні це також дає змогу легко перейти до режиму струменевого перенесення металу, який забезпечує майже ідеальну форму зварного шва.

Отже, при виготовленні конструкції рами причепа для транспортування будівельних виробів застосовується захисна газова суміш MIX-2 – 81% Ar+18% CO₂+1% O₂.

Аргон є одним із найпоширеніших інертних газів, який широко використовується в промисловості, зокрема в зварювальних процесах. Його добувають із атмосферного повітря методом низькотемпературної ректифікації – це складний фізико-хімічний процес, що дозволяє розділити компоненти повітря на окремі гази: кисень, азот і аргон. Аргон у цьому випадку є супутнім продуктом, який виділяється після відділення основних складників.

Згідно з технічними умовами ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання рами причепа використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою основного компонента не менше ніж 99,998%.

Для зварювання конструкції застосовується вуглекислий газ вищого сорту, який виконує роль захисного газу. Його чистота є критично важливою для забезпечення стабільності дуги та якісного формування зварного шва. Максимально допустимий вміст домішок у такому газі становить не більше 0,2%.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Кисень, що використовується в промисловості, добувається з атмосферного повітря. Залежно від ступеня очищення, технічний кисень класифікується на три сорти: №1 – з масовою часткою кисню 99,7%, №2 – 99,55%, та №3 – 99,2%. У зварювальних процесах, зокрема при використанні захисної газової суміші МІХ-2 (81% Ar + 18% CO₂ + 1% O₂), застосовується технічний кисень третього сорту.

В якості зварювального дроту використовуємо легований дріт марки Св-08Г2С, хімічний склад якого приведений 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

Для забезпечення стабільного процесу зварювання та отримання високоякісного зварного шва, зварювальний дріт марки Св-08Г2С має поставлятися з обмідненою поверхнею.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Щоб гарантовано отримати шви заданих розмірів, форми та якості, параметри режиму доцільно не підбирати експериментально, а розраховувати з урахуванням геометрії шва, продуктивності наплавлення та тепловкладення. Нижче наведено розрахунки для таврового з'єднання (кутовий шов) з катетом 5 мм при напівавтоматичному зварюванні сумішшю МІХ-2 (81% Ar + 18% CO₂ + 1% O₂) дротом Св-08Г2С (обміднений). Переріз з'єднання показаний на рисунку 2.2.

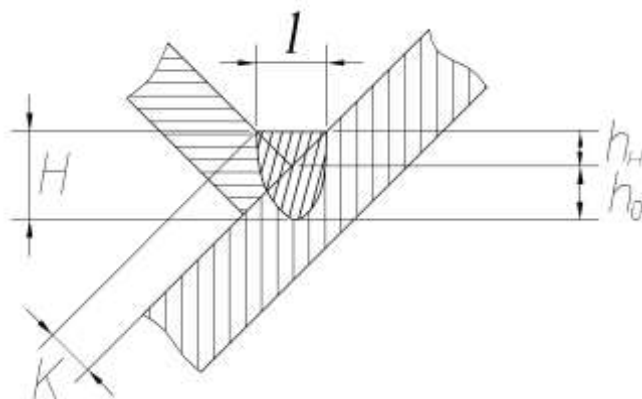


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

K - катет шва; H - висота шва; h_H - висота наплавленого металу; h_0 - 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;
- витрати захисного газу Q_g , л/хв.

Відповідно до вимог державних стандартів, під час зварювання у сумішах захисних газів кромки елементів товщиною понад 10 мм підлягають обов'язковій підготовці: кут розроблення зменшують до 40° , притуплення виконують 1–2 мм, зазор встановлюють у межах 0–5 мм. Стикові з'єднання, в яких товщина елементів становить від 1 до 10 мм, доцільно виконувати методом одnobічного зварювання без попередньої розробки кромок.

Під час розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити формування шва з катетом, що відповідає заданим розмірам.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

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

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

де K – катет шва, $K=5$ мм,

$$F_n = \frac{5^2}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \quad \text{мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу h_n за формулою [4, с.192]:

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

$$h_n = \sqrt{12,5} = 3,5355 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо ширину шва l , за формулою [4, с.192]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 25} = 7,071 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [4, с.193]:

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

Тоді:

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

попередньо вибравши значення ψ_m , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], приймаємо $\psi_m=1,05$.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$H = \frac{7,071}{1,05} = 6,7342 \text{ мм.}$$

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

Визначаємо глибину проплавлення h_0 , за формулою [4, с.192]:

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

$$h_0 = 6,7342 - 3,5355 = 3,1987 \text{ мм.}$$

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

$$I_{зв} = \frac{3,1987}{1,45} \cdot 100 = 220,6 \text{ А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 220 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [5, с.212]:

$$V_{n.d.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \rho}, \quad (2.8)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=12$ г/А×год [5, с.212];

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

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу електрода, яка визначається за формулою:

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$F_{el} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3.14159 \cdot 1.4^2}{4} = 1,5393 \text{ мм}^2.$$

Отже:

$$V_{n.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 220}{1,5393 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 220 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=220$ м/год.

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

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot I_{3\partial}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 220}{1000 \cdot \sqrt{1,4}} \pm 1 = 29,32 \pm 1 \text{ В.}$$

Приймаємо $U_{д}=29$ В.

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

$$V_{3\partial} = \frac{A}{I_{3\partial}}, \quad (2.10)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 1,4$ мм – $A = 5 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{м/год}$ [4, с.194]:

$$V_{3\partial} = \frac{5 \cdot 10^3}{220} = 22,2 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{зв}=22$ м/год.

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

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1.4 мм $\gamma = 75 \dots 300 \text{ А/мм}^2$ [4, с.193],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{220}{150}} = 1,3684 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d = 15 \text{ мм}$.

Витрати захисного газу $Q_{\Gamma} = 12 \text{ л/хв}$

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	220
Напруга на дузі	U_d	В	29
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,4
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	22
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	220
Витрати захисного газу	Q_{Γ}	л/хв	12

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Обладнання для дугового зварювання в середовищі захисних газів поділяється на універсальне та спеціалізоване, залежно від сфери застосування та рівня автоматизації процесу. Його характерною особливістю є наявність вузлів, агрегатів і допоміжних пристроїв, які забезпечують ефективний газовий захист зварювальної ванни, шва та зони термічного впливу від контакту з атмосферним повітрям.

Для виконання зварювання рами причепа, призначеного для транспортування будівельних виробів, застосовується інверторний цифровий напіваавтомат марки ПАТОН PCI-250S-380V [6].

За допомогою даного напіваавтомату можна виконувати [6]:

- ручне дугове зварювання «ММА»;
- аргонодугове зварювання «TIG»;
- напіваавтоматичне зварювання «MIG/MAG» в середовищі захисних газів та сумішей на постійному струмі [6].

Даний апарат призначений для побутового та промислового використання. Забезпечує хорошу тривалість навантаження на його номінальному струмі 250А, при живленні від потужної трифазної мережі 380 В, чого достатньо для роботи будь-якими електродами від $\varnothing$ 1,6 мм до легкоплавких $\varnothing$ 6 мм та напіваавтоматичного зварювання суцільним електродним дротом діаметром від $\varnothing$ 0,6 мм до $\varnothing$ 1,4 мм [6].

Особливими рисами інверторного цифрового напіваавтомату ПАТОН PCI-250S-380V є [6]:

- 1) функція «Гарячий старт» (Hot-Start);
- 2) функція «Форсаж дуги» (Arc-Force);
- 3) функція «Антиприлипання» (Anti-Stick) [6].

Відмінною особливістю напіваавтоматів ПАТОН™ серії STANDARD є потужний, якісний та герметичний механізм подачі електродного дроту [6].

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики напівавтомату представлені у таблиці 2.3, а його загальний вигляд на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики інверторного цифрового напівавтомату ПАТОН ПСІ-250S-380V [6]

Характеристика	Значення
Номінальний споживчий струм з мережі, А	11 – 12
Номінальний зварювальний струм, А	250
Максимальний діючий струм, А	335
Тривалість навантаження (ТН) 250 А, %	45
Тривалість навантаження (ТН) 167 А, %	100
Межі регулювання зварювального струму, А	12 – 250
Межі регулювання напруги на дузі, В	12 – 28
Межі регулювання швидкості подачі зварювального дроту, м/хв	2,0 – 16
Діаметр зварювального дроту, мм	0,6 – 1,4
Маса котушки для зварювального дроту, кг	5
Напруга мережі живлення, В	3 x 380
Частота мережі живлення, Гц	50
Номінальна споживча потужність, кВА	6,9...7,9
Максимальна споживча потужність, кВА	10,0
Коефіцієнт корисної дії, %	90
Діапазон робочих температур, °С	-25...+45
Клас захисту	IP21
Охолодження	примусове
Габаритні розміри, мм	420x245x298
Маса без котушки та аксесуарів, кг	11,6



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд інверторного цифрового напіваавтомату ПАТОН PSI-250S-380V [6]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Якість – це комплекс характеристик продукції, що визначають її здатність відповідати встановленим вимогам і виконувати функції, передбачені її призначенням.

Якість зварного з'єднання оцінюється за сукупністю його характеристик, які визначають здатність конструкції витримувати експлуатаційні навантаження та відповідати технічним вимогам. До основних показників належать: міцність і надійність з'єднання, відсутність залишкових деформацій, відповідність структури металу шва та прилеглої зони заданим параметрам, а також кількість і характер виправлених дефектів.

Надійність зварного виробу – це його здатність стабільно виконувати передбачені функції та зберігати експлуатаційні характеристики у встановлених межах протягом визначеного терміну служби.

Згідно зі стандартом, термін дефект трактується як будь-яка окрема невідповідність продукції встановленим вимогам, що визначаються нормативними документами.

У зварювальному виробництві дефекти прийнято класифікувати залежно від етапу їх виникнення. Зокрема, розрізняють дефекти, що

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

виникають під час складання виробів, та ті, що з'являються в процесі зварювання або внаслідок зварювальних деформацій.

Зварювальні деформації класифікуються на зовнішні (або поверхневі) та внутрішні. Зовнішні деформації проявляються у вигляді викривлень, зміщень, залишкових напружень або порушення геометрії виробу, що легко виявляються візуально чи за допомогою вимірювальних засобів. Внутрішні дефекти, навпаки, не мають зовнішніх ознак і здебільшого пов'язані зі структурними змінами металу шва та прилеглої зони термічного впливу.

Для виявлення зовнішніх дефектів доцільно застосовувати оптично-візуальний контроль якості, оскільки цей метод є простим у виконанні, економічно доступним і не потребує складного обладнання. Під час зовнішнього огляду неозброєним оком здійснюється перевірка поверхні зварного з'єднання на наявність таких дефектів, як тріщини, пропалення, підрізи, порушення геометрії шва та інші видимі відхилення.

Для виявлення внутрішніх дефектів існує багато методів контролю, вибір яких залежить від умов зварювання, типу конструкції та вимог до її надійності. У нашому випадку доцільно застосувати ультразвуковий контроль, оскільки він дозволяє ефективно виявляти приховані дефекти без порушення цілісності виробу. Серед основних методів ультразвукової дефектоскопії найбільш поширеними є три, однак для нашого з'єднання обрано ехо-імпульсний метод. Цей метод базується на принципі відбиття ультразвукових хвиль: коли хвиля проходить крізь матеріал і зустрічає перешкоду (дефект), її амплітуда зменшується, а частина енергії повертається до приймача. Чим більший дефект, тим слабший сигнал проходить далі, і тим сильніше відбитий імпульс, що реєструється апаратурою.

Ехо-імпульсний метод, як показано на схемі, має важливу перевагу – він не потребує двостороннього доступу до зварного з'єднання, що значно спрощує контроль у важкодоступних місцях. Крім того, цей метод дозволяє з високою точністю виявляти присутні дефекти.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 2.4 приведено схему контролю кутових з'єднань ехо-імпульсним методом ультразвукової дефектоскопії.

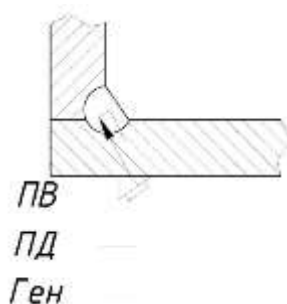


Рисунок 2.4 - Схема ультразвукового контролю зварних з'єднань ехо-імпульсним методом

ПВ - перетворювач випромінювання; ПД -приймач; Ген - генератор

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Оновлений технологічний процес виготовлення конструкції має низку суттєвих переваг порівняно з базовим, зокрема:

- а) розраховані параметри режиму зварювання забезпечують більш ефективне використання ресурсів;
- б) існуюче обладнання, передбачене базовим процесом, поступається за продуктивністю сучасним рішенням;
- в) перехід від ручного зварювання до напівавтоматичного в середовищі захисних газів.

Зазначені переваги позитивно впливають на якість зварювального процесу: вони забезпечують покращення механічних характеристик шва, знижують рівень розбризкування розплавленого металу, скорочують трудомісткість виготовлення конструкції, підвищують продуктивність праці та створюють суттєвий економічний ефект для виробництва.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.6.1 Заготівельні операції

Щоб виготовити заготовки для складання рами, слід послідовно виконати такі технологічні операції:

- розмічування;
- різання;
- очищення.

Розмічування здійснюється з використанням таких інструментів, як рулетка, металева лінійка, маркер, рисувалка, кернер і спеціальні шаблони. Застосування цих засобів забезпечує високу точність нанесення розмірів і контурів, що суттєво підвищує продуктивність роботи та знижує трудомісткість підготовчих операцій.

Різання заготовок із профільного прокату виконується за допомогою стрічкової пили SPECIAL 700 МАСС.

Очищення заготовок виконується з метою усунення різноманітних забруднень, що можуть негативно вплинути на якість зварного з'єднання. Для цього застосовуються кутові шліфувальні машини марки DeWalt DWE 4057, які поєднуються із зачисними дисками Granite 125×6,0×22,2.

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання здійснюється візуальна перевірка заготовок на відповідність вимогам креслень. Під час складання конструкції важливо забезпечити точне взаємне розташування деталей відповідно до їх положення в готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій у процесі зварювання. Для якісного виконання складання та зварювання рами причепа, призначеного для транспортування будівельних виробів, застосовуються спеціальні складально-зварювальні пристосування – кондуктори.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складання конструкції передбачає поетапне встановлення заготовок рами у спеціальному пристосуванні згідно з визначеною послідовністю. На цьому етапі виконуються прихоплення в заданих точках, що забезпечує фіксацію елементів у правильному положенні та запобігає їх зміщенню. Після завершення складання переходять до наступного технологічного етапу – зварювання.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання здійснюється налаштування напівавтоматичного зварювального апарата та газового обладнання. На цьому етапі встановлюють оптимальне значення зварювального струму, регулюють витрату захисного газу та задають необхідну швидкість подачі зварювального дроту.

Під час складання, коли всі елементи конструкції точно встановлені згідно з проектним положенням, виконуються прихоплення в зонах майбутніх зварних швів. Після завершення прихоплювання переходять до основного етапу – повного зварювання виробу.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт здійснюється зачистка швів та видалення металевих бризок із поверхні зварної конструкції з метою покращення зовнішнього вигляду виробу та підготовки його до подальших технологічних операцій. Для виконання опоряджувальних робіт застосовується відповідний інструмент та засоби індивідуального захисту, зокрема: захисні окуляри Delta Plus Volcano Clear, молоток Stanley Graphite 300 г, зубило Stanley 25 x 300 мм, кутова шліфмашина DeWalt DWE 4057, зачисний диск Granite 125x6,0x22,2.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.5 Допоміжні операції

У процесі виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів, окрім основних технологічних операцій, виконуються також допоміжні роботи, до них належать: перевантажувальні, підіймально-транспортні та налагоджувальні.

Перед початком зварювальних робіт здійснюється попереднє налагодження обладнання, що включає перевірку його технічного стану та коректне налаштування всіх робочих параметрів.

Під час виконання перевантажувальних і підіймально-транспортних операцій здійснюється встановлення деталей у складально-зварювальні пристосування, переміщення заготовок до робочих зон, а також транспортування готових конструкцій на дільницю контролю якості.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють повний спектр перевірок, які здійснюються на всіх етапах виготовлення зварної конструкції. До основних видів контролю належать:

- вхідний;
- поопераційний;
- кінцевий контроль.

Під час зовнішнього огляду здійснюється перевірка форми та розташування зварних швів на відповідність кресленням, а також виявлення можливих зовнішніх дефектів і деформацій конструкції. Після цього проводиться вибірковий контроль за допомогою ультразвукового ехо-імпульсного методу, що дозволяє оцінити внутрішню якість зварних з'єднань і підтвердити відповідність готової продукції вимогам.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться з метою визначення їх оптимальної кількості, необхідної для виготовлення зварної конструкції. Це дозволяє забезпечити економне використання ресурсів, зменшити виробничі втрати та підвищити ефективність зварювального процесу на підприємствах промисловості та будівництва. Загальні положення щодо нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх розрахунку, регламентуються чинним стандартом ДСТУ 3159-95 "Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання" [7].

При механізованому зварюванні плавким електродом у захисних газах нормуванню підлягають витрати електродного дроту та захисного газу.

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [7, 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 $\alpha_n = 15$ г/А·год;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв} = 220$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш} = 5,75$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 220 \cdot 5,75 \cdot 10^{-3} = 18,98 \quad \text{кг.}$$

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

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

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 18,98 \cdot 0,7 = 13,29 \quad \text{кг},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

$$Q_{nn} = Q_n \cdot K_0, \quad (2.15)$$

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

$$Q_{nn} = 18,98 \cdot 0,5 = 9,49 \quad \text{кг}.$$

Отже:

$$H_{el} = 13,29 + 9,49 = 22,78 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [7,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, $K_z=0,85\dots0,9$;

$$H_z = 13,29 \cdot 0,87 = 11,56 \quad \text{л / хв.}$$

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, %;

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E = \frac{29}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,864 \quad \kappa Bm.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,03$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 29 \cdot 220 \cdot 0,03}{0,9 \cdot 0,75} = 2,835 \quad \kappa Bm \cdot \text{год}.$$

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Повне зварювання раніше прихоплених виробів виконується безпосередньо на зварювальних пристосуваннях.

Вибір і розробка пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Створення нового пристосування або вдосконалення вже існуючого здійснюється на основі:

- вибір і розробка пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Проектування нових або модернізація існуючих пристосувань здійснюється на основі детального аналізу креслень та технічних умов зварної конструкції. У процесі розробки зварних виробів питання їх технологічності часто залишаються поза увагою конструктора, тому при створенні технологічного процесу та конструюванні зварювального оснащення виникає потреба в оцінці технологічності конструкції. Особливу увагу слід приділяти формі деталей, що входять до складальних одиниць, точності виготовлення заготовок і стану їх поверхонь;

- розробка технологічного процесу виготовлення виробу є ключовим етапом підготовки виробництва. Раціонально побудований процес складання та зварювання має бути детально опрацьований у форматі маршрутного або розгорнутого технологічного опису. Особливу увагу слід приділити його вивченню конструктором пристосувань, оскільки саме від точності та узгодженості технологічних рішень залежить ефективність виробництва;

- аналіз виробничої програми випуску, у процесі цього аналізу оцінюється складність конструкції пристосування, а також визначається доцільність його оснащення механізмами механізації та автоматизації.

Отже, тип пристосування визначається з урахуванням способу зварювання та складання, конструктивних особливостей виробу, матеріалу та

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поперечного перерізу деталей. Важливими критеріями також є вимоги до якості складання і зварювання, зокрема точність розмірів, а також рівень продуктивності, необхідний для забезпечення ефективного виробничого процесу.

Важливо враховувати необхідність суттєвого зниження трудомісткості складальних та допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості виробу, а також створення комфортних і безпечних умов праці для робітників. У серійному та масовому виробництві перевага надається використанню механізованих високошвидкісних пристосувань, які працюють за рахунок енергії стисненого повітря, рідини або електроенергії, замість фізичних зусиль людини. У таких умовах працівник виконує функції керування механізованими системами, а також завантаження і вивантаження виробів – особливо у випадках, коли повна механізація або автоматизація процесу є технічно складною або економічно недоцільною.

Вибір конкретного типу пристосування з-поміж доступних варіантів здійснюється на основі техніко-економічного аналізу. Перевага надається рішенню, яке є найбільш доцільним з технічної точки зору та економічно вигідним з огляду на витрати, продуктивність і ефективність використання.

Складально-зварювальне обладнання класифікується на універсальне, спеціальне та спеціалізоване:

- 1) універсальне обладнання призначене для обробки широкого спектра виробів і забезпечує гнучкість у виробничому процесі;
- 2) спеціальне обладнання розробляється для виготовлення одного або кількох конкретних виробів, що дозволяє досягти високої продуктивності та якості, особливо в умовах масового або великосерійного виробництва;
- 3) спеціалізоване обладнання застосовується переважно в серійному виробництві, де потрібна стабільність технологічного процесу при обробці однотипних виробів.

Вибір типу обладнання залежить від конструктивних особливостей виробу, обсягу випуску та характеру виробництва – від одиничного до

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

масового. Раціональний підбір оснащення сприяє оптимізації технологічного процесу, зниженню витрат і підвищенню якості готової продукції.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань, що застосовуються під час виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів, забезпечують чітку послідовність виконання складально-зварювальних операцій. Деталі конструкції розміщуються в пристосуванні згідно з технологічною схемою, орієнтуються за допомогою упорів і фіксаторів, після чого надійно закріплюються притискачами.

Опори зварювальних пристосувань класифікуються на основні та допоміжні.

Основні опори визначають просторове положення деталі та забезпечують її точне базування. Вони жорстко закріплюються в корпусі пристосування і є ключовими елементами для забезпечення точності складання. Найпоширенішим типом основних опор є штирі, які забезпечують фіксацію за базовими отворами або поверхнями. Для великогабаритних деталей з обробленими базовими площинами застосовують пластини, що дозволяють рівномірно розподілити навантаження.

Допоміжні опори використовуються для додаткової стабілізації деталі, особливо в тих випадках, коли існує ризик її перекидання або зміщення. Вони не впливають на точність базування, але підвищують загальну надійність фіксації.

Регульовані гвинтові опори можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних, забезпечуючи гнучкість налаштування відповідно до геометрії деталі.

Упори призначені для фіксації деталей по їхніх бічних поверхнях і забезпечують точне позиціонування елементів конструкції в пристосуванні. По контуру деталі зазвичай встановлюють планки або ребра, які виконують

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

функцію упорів. Залежно від конструктивних особливостей, упори можуть бути постійними, відкидними, відвідними або знімними, а їх базові поверхні – рельєфними, сферичними чи плоскими. Постійні упори жорстко закріплюються на корпусі пристосування за допомогою гвинтів або зварювання. Для підвищення їх зносостійкості робочі поверхні піддають термічній обробці або зміцнюють методом наплавлення.

Доцільно, щоб упори одночасно виконували функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовуються в тих випадках, коли конструкція виробу ускладнює його зняття після прихоплювання або завершення зварювальних робіт. Для забезпечення надійної фіксації, довжина робочої частини упорів повинна становити щонайменше подвійну товщину стінки закріплюваної деталі.

Для формування базових поверхонь пристосувань і забезпечення точного орієнтування деталей у процесі складання та зварювання застосовуються постійні упори, які одночасно виконують функцію опорної бази. Вони жорстко закріплюються на корпусі складально-зварювального пристосування за допомогою гвинтів або зварювання, що гарантує стабільність і точність фіксації. Крім того, використовуються регульовані упори, які забезпечують гнучкість налаштування відповідно до геометричних параметрів деталей.

Виготовлення зварних конструкцій високої якості неможливе без точного складання деталей, що входять до їхнього складу. Це передбачає правильне взаємне розташування елементів та їх надійне закріплення у відповідності до технологічних вимог.

Процес складання зварного виробу включає низку послідовних технологічних операцій. Спочатку необхідно доставити деталі, з яких формується виріб або зварний вузол, до місця складання. Далі ці елементи встановлюються у складальному пристосуванні відповідно до заданого проєктного положення. У цьому положенні деталі фіксуються затискними елементами, після чого виконується зварювання. Транспортування та

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщення деталей здійснюється за допомогою універсального або спеціалізованого транспортного обладнання. Точне положення елементів під час складання визначається установчими елементами пристосування або взаємодією з суміжними деталями конструкції.

У конструкції розроблених пристосувань застосовуються пневматичні притискачі, різноманітні типи упорів та призми. Таким чином, головною функцією складального обладнання у зварювальному виробництві є точна фіксація та надійне закріплення зварюваних елементів.

Притискачі та затискачі, що застосовуються у складально-зварювальних пристосуваннях, повинні відповідати низці ключових вимог:

- забезпечувати правильне прикладання та напрямок притискного зусилля для точного закріплення деталей відносно базових поверхонь;
- гарантувати надійне утримання елементів протягом усього процесу складання та зварювання;
- мати високу швидкодію для прискорення виробничого циклу;
- забезпечувати зручність встановлення деталей у пристосування, комфорт при виконанні зварювальних робіт, а також легке знімання виробу після завершення зварювання;
- бути доступними для швидкого і простого приведення в дію, особливо у випадку ручного керування;
- відповідати вимогам безпеки праці, мінімізуючи ризики для зварника.

Притискачі, що застосовуються у складально-зварювальних пристосуваннях, поділяються на ручні та механізовані. Механізовані притискачі забезпечують значно більші притискні зусилля, сприяють зниженню трудомісткості складальних операцій, підвищують рівень механізації та покращують умови праці. Ручні притискачі класифікуються за конструкцією на клинові, гвинтові, ексцентрикові та важільні. Механізовані притискачі, залежно від типу приводу, бувають: пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні, електромагнітні та з постійним магнітом. У деяких

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

випадках притискачі конструктивно об'єднують з упорами або фіксаторами, утворюючи комплексний функціональний вузол, що забезпечує одночасне позиціонування та закріплення деталей. В універсальних складальних пристосуваннях установлювальні та затискні елементи, як правило, виконуються знімними та регульованими.

Найбільш поширеним типом притискачів у складально-зварювальних пристосуваннях є пристрої з пневматичним приводом. Їх популярність пояснюється низкою суттєвих переваг:

- доступність – завдяки наявності на більшості підприємств розгалуженої мережі стисненого повітря;
- простота конструкції – що сприяє легкому обслуговуванню та зниженню вартості виготовлення;
- надійність у роботі – стабільне функціонування навіть у складних виробничих умовах;
- зручність керування – швидке та точне регулювання притискного зусилля з мінімальними зусиллями оператора.

З огляду на технологічні вимоги, для встановлення, фіксації та надійного закріплення вузлів даної конструкції в складально-зварювальних пристосуваннях застосовуються постійні упори, відвідні фіксатори, а також притискачі і затискачі.

Для складання та зварювання рами причепа, призначеного для транспортування будівельних виробів, застосовуються складально-зварювальні кондуктори. Вони забезпечують точне позиціонування деталей, стабільність геометрії конструкції та послідовність виконання технологічних операцій. Використання таких кондукторів дозволяє мінімізувати деформації під час зварювання, підвищити якість з'єднань і оптимізувати виробничий процес.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

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 рами причепа для транспортування будівельних виробів

Показник	Одиниці вимірюван- ня	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	1970x1500	1970x1500
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат 09Г2С	кг	287	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	23	
захисний газ (суміш МІХ-2 – Аг 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	кг	11,56	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	18	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь 09Г2С	грн	46,2	46,08
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	124,5	124,3
захисний газ (суміш МІХ-2 – Аг 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	грн	46,45	46,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	68,4	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
рами причепа для транспортування будівельних виробів

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка рисувалка маркер	187 108 68 47	III	$\frac{4,4}{4,2}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Стрічкова пила SPECIAL 700 MASC	1310000	4			III	$\frac{4,5}{4,4}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина DeWalt DWE4057	6121	0,8	диск зачисний Granite 125х6,0х2 2,2	23	II	$\frac{4,2}{3,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально- зварювальний кондуктор	454400	1,5	молоток зубило	441 322	IV	$\frac{5,6}{4,9}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат ПАТОН ПСИ- 250S-380V	16100				IV	$\frac{4,6}{4,3}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина DeWalt DWE4057	6121	0,8	диск зачисний Granite 125х6,0х22,2 молоток	23 441	II	$\frac{4,3}{3,4}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвуковий дефектоскоп УД 2-55 “Ультразонд”	145000		лупа Magnifier, 50 мм 5х	45	VI	2,9
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Тельфер електричний 5т	69000	4			III	2,8

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 30,5;

по проекту 27,6;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 2,8;

по проекту 2,8.

Загальна штучна норма часу: по заводу 33,3;

по проекту 30,4.

Для виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [8, с.8]:

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

де $D_{роб}$ ~ 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, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,05) \approx 1903 \text{ год.}$$

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 [8, с.9]:

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

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання, $K_{вн} = 3,1$.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

B_{np} – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{np} = 4000 \text{ шт.}$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами причепа для транспортування будівельних виробів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,98 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,85 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 3,05 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,98 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,2 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,85 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$n = \frac{3,5 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,37 \approx 2_{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,6 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 3,8 \approx 4_{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,9 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 3,32 \approx 3_{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,6 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 3,12 \approx 3_{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,3 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,92 \approx 3_{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,3 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,92 \approx 3_{шт.},$$

- проектний варіант:

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{3,4 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 2,31 \approx 2 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{2,9 \cdot 4000}{1903 \cdot 3,1} = 1,97 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [8, с.13]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 4000 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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{4000 \cdot 1 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,7} = 2,18 \approx 2 \text{шт.}$$

Приймаємо два електричних тельфери для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 [8, 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 $B_{np} = 4000$ шт;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 3,1 \dots 3,2$;

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,4}{1850 \cdot 3,1} = 3,07 \approx 3 \text{ чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,2}{1850 \cdot 3,1} = 2,93 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,5}{1850 \cdot 3,1} = 3,14 \approx 3_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,4}{1850 \cdot 3,1} = 3,07 \approx 3_{чол}.$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,2}{1850 \cdot 3,1} = 2,93 \approx 3_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 3,5}{1850 \cdot 3,1} = 2,44 \approx 2_{чол}.$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 5,6}{1850 \cdot 3,1} = 3,91 \approx 4_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,9}{1850 \cdot 3,1} = 3,42 \approx 3_{чол}.$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,6}{1850 \cdot 3,1} = 3,21 \approx 3_{чол},$$

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,3}{1850 \cdot 3,1} \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 4,3}{1850 \cdot 3,1} = 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 2,9}{1850 \cdot 3,1} = 2,37 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{4000 \cdot 2,9}{1850 \cdot 3,1} = 2,02 \approx 2 \text{чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 2$ чол.

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	III	III
різальники	3	3	III	III
очищувальники	3	2	II	II
складальники	4	3	III	III
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	II	II

Продовження таблиці 4.3

контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	2	2	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер ділянки	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 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 09Г2С	кг	46,2	46,08	13259,4	13225	53037600	52899840
З/П	Зв. дрiт Св-08Г2С	кг	124,5	124,3	2863,5	2858,9	11454000	11435600
З/П	Захисна сумiш MIX-2 – Ar 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	кг	46,45	46,25	536,96	534,65	2147848	2138600
Р- ом					16659,86	16618,51	66639448	66474040

Продовження таблиці 4.4

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	
3/П	5	2,31	2,3	662,97	661,25	2651880	2644992	68,4	68,4	273600	273600
3/П	5	6,23	6,22	143,18	142,95	572700	571780				
3/П	5	2,32	2,31	26,85	26,73	107392,4	106930				
Р-ом		10,86	10,83	832,99	830,93	3331972,4	3323702	68,4	68,4	273600	273600

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 [8, с.16]:

$$3_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

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) [8, с.16].

					<i>KP.422.21.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						53
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [8, с.16]:

$$З_{до} = З_{ос} (Д_1 + Д_2), \quad (4.6)$$

де $Д_1$ - доплата за шкідливість, грн, $Д_1 = 12...24 \%$, приймаємо $Д_1 = 20 \%$; $Д_2$ - інші доплати, грн, $Д_2 = 15...20 \%$, приймаємо $Д_2 = 15 \%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [8, с.17]:

$$З_{но} = З_{ос} \cdot P, \quad (4.7)$$

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:

$$З_{ос} = 7 \cdot 16,5 \cdot 4,4 = 508,2 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 508,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 177,87 \text{ грн};$$

$$З_{но} = 508,2 \cdot 0,4 = 203,28 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 7 \cdot 16,5 \cdot 4,2 = 485,1 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 485,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 169,79 \text{ грн};$$

$$З_{но} = 485,1 \cdot 0,4 = 194,04 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 6,5 \cdot 17 \cdot 4,5 = 497,25 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 497,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 174,04 \text{ грн};$$

$$З_{но} = 497,25 \cdot 0,4 = 198,9 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 6,5 \cdot 17 \cdot 4,4 = 486,2 \text{ грн};$$

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$З_{до} = 486,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 170,17 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 486,2 \cdot 0,4 = 194,48 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 8 \cdot 17 \cdot 4,2 = 571,2 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 571,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 199,92 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 571,2 \cdot 0,4 = 228,48 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 8 \cdot 17 \cdot 3,5 = 476 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 476 \cdot (0,2 + 0,15) = 166,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 476 \cdot 0,4 = 190,4 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,5 \cdot 18,5 \cdot 5,6 = 673,4 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 673,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 235,69 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 673,4 \cdot 0,4 = 269,36 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,5 \cdot 18,5 \cdot 4,9 = 589,23 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 589,23 \cdot (0,2 + 0,15) = 206,23 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 589,23 \cdot 0,4 = 235,69 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 7,5 \cdot 20,5 \cdot 4,6 = 707,25 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 707,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 247,54 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 707,25 \cdot 0,4 = 282,9 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 7,5 \cdot 20,5 \cdot 4,3 = 661,13 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 661,13 \cdot (0,2 + 0,15) = 231,39 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 661,13 \cdot 0,4 = 264,45 \text{ грн.}$$

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 8 \cdot 17,5 \cdot 4,3 = 602 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 602 \cdot (0,2 + 0,15) = 210,7 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 602 \cdot 0,4 = 240,8 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 8 \cdot 17,5 \cdot 3,4 = 476 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 476 \cdot (0,2 + 0,15) = 166,6 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 476 \cdot 0,4 = 190,4 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$Z_{oo} = 9,5 \cdot 21,5 \cdot 2,9 = 592,33 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 592,33 \cdot (0,2 + 0,15) = 207,31 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 592,33 \cdot 0,4 = 236,93 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$Z_{oo} = 11,5 \cdot 19 \cdot 2,8 = 611,8 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 611,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 214,13 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 611,8 \cdot 0,4 = 244,72 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [8, с.16]:

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

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

$r_{од}$ - 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).

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 2 \cdot 42,3 \cdot 1850 = 156510 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 156510 \cdot 0,35 = 54778,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 156510 \cdot 0,4 = 62604 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 42,3 \cdot 1850 = 156510 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 156510 \cdot 0,35 = 54778,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 156510 \cdot 0,4 = 62604 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 42,3 \cdot 1850 = 78255 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 78255 \cdot 0,35 = 27389,25 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 78255 \cdot 0,4 = 31302 \text{ грн.}$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою[8, с.17]:

$$З_{он} = r_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (4.9)$$

де $З_{он}$ - 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 ($З_{он}$) та премії і надбавки ($З_{nn}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 9850 \cdot 12 = 118200 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 118200 \cdot 0,35 = 41370 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 118200 \cdot 0,4 = 47280 \text{ грн.}$$

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 9023 \cdot 12 = 108276 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 108276 \cdot 0,35 = 37896,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 108276 \cdot 0,4 = 43310,4 \text{ грн}.$$

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	
Основні робітники:						
розмічувальники	385723,8	368190,9	135003,33	128866,82	154289,52	147276,36
різальники	377412,75	369025,8	132094,46	129159,03	150965,1	147610,32
очишувальники	433540,8	240856	151739,28	84299,6	173416,32	96342,4
складальники	681480,8	447221,78	238518,28	156527,62	272592,32	178888,71
зварювальники	536802,75	501793,88	187880,96	175627,86	214721,1	200717,55
зачишувальники	456918	240856	159921,3	84299,6	182767,2	96342,4
контролери	299716,45		104900,76		119886,58	
транспортувальники	309570,8		108349,78		123828,32	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	156510		54778,5		62604	
ремонтники	156510		54778,5		62604	
електрики	78255		27389,25		31302	
ІТР	118200		41370		47280	
МОП	108276		37896,6		43310,4	
Разом	4098917,15	3394982,6	1434621	1188243,91	226430,31	194456,49

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:	16659,86	16618,51
сталь 09Г2С	13259,4	13224,96
зв. дріт Св-08Г2С	2863,5	2858,9
захисна суміш МІХ-2 (Ar 81% +CO ₂ 18%+ O ₂ 1%)	536,96	534,65
Поворотні відходи	68,4	
Паливо та енергія на технологічні цілі	95	91,92
Основна заробітна плата основних робітників	870,29	694,31
Додаткова заробітна плата основних робітників	304,6	243
Премії та надбавки основних робітників	348,12	277,72
Відрахування на соціальне страхування	21,32	17,01
Відрахування на медичне страхування	38,08	30,37
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	264,11	264,11
Цехові (дільничні) витрати	152,87	152,87
Всього цехова собівартість	18685,85	18321,42

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 натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	1310000	1310000	65500	65500
очищувальне	3	2	6121	6121	306,05	306,05
складальне	4	3	454400	454400	22720	22720
зварювальне	3	3	16100	16100	805	805
зачищувальне	3	2	6121	6121	306,05	306,05
контрольне	2	2	145000	145000	7250	7250
транспортне	2	2	69000	69000	3450	3450
Інструмент						
и: молоток	7	5	441	441	22,05	22,05
зубило	4	3	322	322	16,1	16,1
диск зачисний	6	4	23	23	1,15	1,15
рулетка	3	3	187	187	9,35	9,35
рисувалка	3	3	68	68	3,4	3,4
лінійка	3	3	108	108	5,4	5,4
маркер	3	3	47	47	2,35	2,35
лупа	2	2	45	45	2,25	2,25
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	6250000	6250000	5	312500	312500
Устаткування:					
різальне	3995500	3995500	8	319640	319640
очищувальне	18669,05	12548,05	8	1493,52	1003,84
складальне	1840320	1385920	7	128822,4	97014,4
зварювальне	49105	49105	6,5	3191,83	3191,83
зачищувальне	18669,05	12548,05	8	1493,52	1003,84
контрольне	297250	297250	6	17835	17835
транспортне	141450	141450	7	9901,5	9901,5
Інструменти:			16		
молоток	3109,05	2227,05		497,45	356,33
зубило	1304,1	982,1		208,66	157,14
диск зачисний	139,15	93,15		22,26	14,9
рулетка	570,35	570,35		91,26	91,26
рисувалка	207,4	207,4		33,18	33,18
лінійка	329,4	329,4		52,7	52,7
маркер	143,35	143,35		22,94	22,94
лупа	92,25	92,25		14,76	14,76
Разом	12616858,15	12148966,15		795820,98	762833,62

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [8,с.26]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=24414,09$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=23630,88$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=18685,85$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=18321,4$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((24414,09 + 0,15 \cdot 18685,85) - (23630,88 + 0,15 \cdot 18321,4)) \cdot 4000 = 3351510 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [8,с.27]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=86564440$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=84671720$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [8,с.26]:

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E_{yp} = 4000 \cdot (24414,09 - 23630,88) = 3132840 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{86564440 - 84671720}{3132840} = 0,61 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	4000	4000
Кількість технологічного устаткування	шт	12	11
Собівартість товарної продукції	грн	24414,09	23630,88
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	30	27
- основних робітників	чол	23	20
Фондомісткість продукції	грн/шт	18685,85	18321,4
Умовна річна економія	грн	-	3132840
Річний економічний ефект	грн	-	3351510
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,61
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	18676,35	17827,43
- різальники	грн	18273,94	17867,85
- очищувальники	грн	20991,6	17493
- складальники	грн	24747,45	21654,02
- зварювальники	грн	25991,44	24296,34
- зачищувальники	грн	22123,5	17493
- контролери	грн	21767,94	21767,94
- транспортувальники	грн	22483,65	22483,65

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці

Громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці має важливе значення, тому що в разі порушення підприємством відповідних норм будуть проінформовані відповідні органи, які мають змогу вжити певних заходів з метою збереження навколишнього довкілля та здоров'я людей, які там працюють чи проживають поблизу.

Громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці, створенням безпечних і нешкідливих умов праці, належних виробничих і санітарно-побутових умов, забезпеченням працівників спецодягом, спецвзуттям, іншими засобами індивідуального та колективного захисту здійснюють професійні спілки в особі своїх виборних органів і представників (уповноважених осіб). У разі загрози життю або здоров'ю працівників професійні спілки мають право вимагати від роботодавця негайного припинення робіт на період, необхідний для усунення загрози життю або здоров'ю працівників. Професійні спілки також мають право: проводити незалежну експертизу умов праці, а також об'єктів виробничого призначення, що проектуються, будуються чи експлуатуються, на відповідність їх НПАОП; брати участь у розслідуванні причин нещасних випадків та професійних захворювань і надавати свої висновки про них, вносити роботодавцям, державним органам управління і нагляду подання з питань охорони праці та отримувати від них аргументовану відповідь [9, с.277].

У разі відсутності професійної спілки на підприємстві громадський контроль здійснює уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці, яка має право безперешкодно перевіряти на підприємствах виконання вимог з охорони праці і вносити обов'язкові для розгляду роботодавцем пропозиції про усунення виявлених порушень НПАОП. Для

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконання цих обов'язків роботодавця за свій рахунок організовує навчання, забезпечує необхідними засобами і звільняє уповноважених з охорони праці від роботи на передбачений колективним договором термін із збереженням за ними середнього заробітку. Не можуть бути проігноровані будь-які законні інтереси працівників у зв'язку з виконанням ними обов'язків уповноважених з охорони праці. Звільнення або притягнення працівників до дисциплінарної чи матеріальної відповідальності здійснюють лише в порядку, визначеному колективним договором [9, с.277].

Якщо уповноважені з охорони праці вважають, що профілактичні заходи вжиті роботодавцем є недостатніми, вони можуть звернутися за допомогою до органу державного нагляду за охороною праці. Вони також мають право брати участь і вносити відповідні пропозиції під час інспекційних перевірок підприємств чи виробництв [9, с.277].

Отже, громадський контроль за дотриманням законодавства про охорону праці відіграє важливу роль в життєдіяльності підприємства.

5.2 Вимоги безпеки праці під час проведення зварювальних робіт виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів

Організація праці на робочому місці – це комплекс заходів, що забезпечують трудовий процес та ефективне використання знарядь виробництва і предметів праці [9, с.195].

Робоче місце, як було зазначено вище, це зона, оснащена технічними засобами і в якій відбувається трудова діяльність працівника чи групи людей.

Організація праці на робочому місці полягає у виборі робочої пози та системи робочих рухів, визначенні розмірів робочої зони та розміщених в ній органів керування, інструментів, заготовок, матеріалів, пристроїв тощо, а також у виборі оптимального режиму праці та відпочинку [9, с.195].

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Оснащення й обладнання робочого місця залежить від виконуваної роботи (технологічних операцій), від характеру роботи (розумова, фізична, тяжка, монотонна) та від умов праці (комфортні, нормальні, несприятливі).

Безпосередньо на робочому місці слід передбачати інформаційне устаткування та органи управління, а також технологічну оснастку (опорні елементи, швидкодіючі затискачі, шарнірні монтажні головки, настільні бункери і касети з гніздами тощо.); додаткове обладнання (робочий стіл, сидіння оператора, підставка для ніг, шафа для інструментів та ін.); транспортні засоби (транспортери, підвісні конвеєри тощо); пристрої для укладання матеріалів, заготовок, готових виробів; засоби сигналізації; засоби безпеки [9, с.197].

Вимоги, які пред'являються до робочого місця зварювальника, під час виконання вищезазначених зварювальних робіт [9, с.199]:

- обладнуватись необхідними засобами колективного захисту;
- укомплектовуватись необхідними засобами індивідуального захисту;
- мати параметри санітарно-гігієнічних факторів такими, що не перевищують гранично допустимих значень відповідних нормативних документів;
- природне та штучне освітлення має відповідати вимогам;
- параметри мікроклімату повинні відповідати санітарним нормам;
- наявність вентиляції.

Організація робочого місця зварника.

Зварювальним постом називається робоче місце зварника, обладнане всім необхідним для виконання зварювальних робіт [10].

Зварювальний пост електрозварника укомплектовують джерелом живлення (трансформатор, випрямляч, перетворювач, ацетиленовий генератор), зварювальними кабелями, електродотримачем або пальником, пристосуваннями, інструментами, засобами захисту.

Зварювальні пости можуть бути стаціонарні й пересувні [10].

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Стаціонарні пости - це відкриті зверху kabіни для зварювання виробів невеликих розмірів. Каркас kabіни висотою 1800-2000 мм виготовляють із сталі. Для кращої вентиляції стіни kabіни піднімають над підлогою на 200-250мм, їх виготовляють зі сталі, азбестоцементних плит, інших негорючих матеріалів і фарбують вогнетривкою фарбою (цинкові, титанові білила, жовтий крон), яка добре поглинає ультрафіолетові промені зварювальної дуги. Дверний проміжок закривають брезентовою ширмою. Підлогу роблять з бетону, цегли, цементу.

Kабіни повинні освітлюватись денним і штучним світлом і добре провітрюватись. Для роботи сидячи, використовують столи висотою 500-600мм, а при роботі стоячи - близько 900 мм. Кришку стола площею 1 м² виготовляють зі сталі товщиною 15-20 мм або з чавуну товщиною 25 мм. До стола під'єднують струмопровідний кабель від джерела живлення. Поряд з столом розміщують кишені для електродів та їх відходів, інструменти (молоток, зубило, сталеві щітки тощо) й технологічну документацію. Для зручності при зварюванні встановлюють металеве крісло з діелектричним сидінням. Під ногами має бути гумовий килимок, а все обладнання kabіни - надійно заземлене [10].

Пересувні пости використовують при зварюванні великих виробів безпосередньо на виробничих дільницях.

На зварювальному столі повинно бути передбачено наступне [10]:

- засоби – пристосування для кантування деталей, виробів і конструкцій;
- швидкий доступ до витратних матеріалів і легка зміна електрода;
- розташування інструментів (молотка, напильника, ліхтарика, шлаковідділювача, щітки для металу та ін.);
- запалювання електроду на чорновий поверхні металу;
- установки нестандартних конструкцій з виступами в спеціальні отвори.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Важливим атрибутом робочого місця електрогазозварника є витяжка. Вона забезпечує видалення шкідливих важких газів із зони зварювання під час плавлення металу та покриття електродів [10].

Таким чином, правильна організація робочого місця зварника дозволяє підвищити працездатність виконуваних робіт, а також уберегти інших працівників дільниці або майстерні від шкідливого впливу зварювального випромінювання.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

У межах даної кваліфікаційної роботи проведено аналіз чинної технології зварювання рами причепа, призначеного для транспортування будівельних виробів, а також обладнання, що використовується для її виготовлення. В результаті дослідження виявлено низку недоліків, які стримують підвищення продуктивності та не дозволяють досягти необхідного рівня якості готової продукції.

На основі проведеного аналізу запропоновано вдосконалення технології зварювання рами причепа, що дозволяє суттєво підвищити якість зварних швів, оптимізувати виробничий процес і збільшити продуктивність праці. Запропоновані зміни спрямовані на усунення виявлених недоліків, покращення технічних параметрів виробу та забезпечення стабільності якості у серійному виробництві.

З метою обґрунтування доцільності впровадження розробленого технологічного процесу та вибору відповідного обладнання було проведено економічний розрахунок.

У розділі «Охорона праці» проведено аналіз вимог, щодо безпеки праці під час проведення зварювальних робіт виготовлення рами причепа для транспортування будівельних виробів

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 09Г2С. Низьколеговані сталі: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-09g2s/?srsltid=AfmBOoqt9i95_D2P-Yh7rlzYpeMJOccC8RMWqLlzHEvsXN12PC6rbfTr (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: 23.05.2026).
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: 23.05.2026).
6. Напівавтомат ПАТОН PCI-250S DC 380V. Технічні характеристики Патон PCI 250S: веб-сайт. URL: <https://vdi-ua.com/патон/pci-250s-dc-380v> (дата звернення: 24.05.2026).
7. 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).
8. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

9. Охорона праці та цивільний захист: підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / Левченко О.Г., Полукаров О.І., Зацарний В.В., Полукаров Ю.О., Землянська О.В.; за ред. О.Г. Левченка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

10. Організація робочого місця зварника. Зварювання: веб-сайт. URL: <https://strojsoc.ptu.org.ua/wp-content/uploads/2020/05> (дата звернення: 09.06.2026).

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.21.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		