

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 трейлера 82980С

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

Вадим ЦІШ

Керівник

Володимир ГАВРИЛЮК

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

ЦІШУ Вадиму Анатолійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами причепа трейлера 82980С

Керівник роботи ГАВРИЛЮК Володимир Ярославович
(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 Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій

5.2 Розрахунок кількості вогнегасників для виробничого приміщення

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами причепа трейлера 82980С – 2.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами причепа трейлера 82980С – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення кондуктор для зварювання рами – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення кондуктора для зварювання фаркопа – 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)

Вадим ЦІШ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення рами причепа трейлера 82980С 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 82980C 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	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	10
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	11
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	14
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	14
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	14
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	15
1.3.4 Вимоги до складання	15
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	16
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	19
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	21
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	23
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	28
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	31
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	34
2.6.1 Заготівельні операції	34
2.6.2 Складальні операції	36
2.6.3 Складально-зварювальні операції	37

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами причепа трейлера 82980С Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Ціш									
Перевір.	Гаврилюк								4	72
Реценз.								ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька									
Затв.	Дранівська									

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	37
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	37
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	38
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	38
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	42
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	44
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	47
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	47
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	51
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	52
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	53
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	58
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	58
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	62
5.1	Порядок проведення медичних оглядів працівників певних						
	категорій	.	.	.	.	.	62
5.2	Розрахунок кількості вогнегасників для виробничого						
	приміщення	.	.	.	.	.	65
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	69
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	70
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	72

ВСТУП

Основними напрямками розвитку зварювального виробництва є перехід від клепаних, литих і кованих конструкцій до більш економічних та технологічно ефективних зварних виробів, що дозволяє знизити матеріаломісткість і трудомісткість виготовлення. Важливим аспектом є також розширення виробництва зварювальних матеріалів, зокрема електродів, дроту та флюсів, що забезпечують стабільну якість зварних з'єднань. Крім того, активно впроваджуються високопродуктивні методи автоматичного зварювання, які сприяють підвищенню продуктивності праці.

Застосування зварювання відкрило можливість виготовлення високотехнологічних гідравлічних і парових турбін, які включають складні за формою та конфігурацією вузли з великою товщиною стінок. У процесі їх виробництва використовуються конструкції з легованих сталей і біметалів, що поєднують міцність і стійкість до агресивних середовищ. Біметалічні деталі зазвичай складаються з маловуглецевої або низьколегованої сталі товщиною понад 6 мм, поверхня якої покрита шаром високолегованої сталі або алюмінієво-магнієвого сплаву.

Найбільш поширеним методом у сучасному промисловому зварювальному виробництві є зварювання в середовищі захисних газів, зокрема у вуглекислому газі. Його популярність обумовлена низькою вартістю вуглекислого газу, а також значним покращенням якості та продуктивності зварювального процесу. Цей метод дозволяє ефективно з'єднувати різноманітні матеріали як у напівавтоматичному, так і в автоматичному режимі, забезпечуючи стабільність шва навіть при виконанні зварювання в різних просторових положеннях.

Завдяки високій продуктивності зварювального процесу, відмінній якості та надійності зварних з'єднань, а також економічному використанню металу, зварювання стало провідним технологічним методом у виробництві металевих конструкцій різного призначення.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

У напрямку вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами причепа трейлера 82980С основна увага зосереджується на оптимізації самого процесу зварювання. Це передбачає застосування найбільш придатного та ефективного зварювального устаткування, яке відповідає конструктивним особливостям виробу та забезпечує високу якість з'єднань. Водночас важливим аспектом є використання сучасного складального обладнання, що дозволяє точно позиціювати деталі та забезпечити їх надійну фіксацію. Рациональна послідовність виконання технологічних операцій на цьому обладнанні сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню трудомісткості та забезпеченню стабільної якості готової конструкції.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виріб представляє собою раму, що входить до складу причепа трейлера моделі 82980С. Для забезпечення високої міцності, жорсткості та надійності конструкції, при її виготовленні використовується сталь марки 09Г2С.

Рама причепа виготовляється з профільних труб прямокутного перерізу, що забезпечують необхідну жорсткість і геометричну стабільність конструкції. До її складу входять різноманітні кріпильні елементи, а також конструктивні деталі, такі як кронштейни, планки, ребра жорсткості та інші вузли, які монтуються на рамну основу.

Загальну конструкцію рами трейлера моделі 82980С представлено на рисунку 1.1.

До виготовлення рамної конструкції причепа трейлера 82980С висуваються такі основні вимоги:

- вимоги до компонування складальних одиниць рамної конструкції спрямовані на зменшення її загальних габаритних розмірів, що є важливим фактором для забезпечення компактності, зручності транспортування та ефективного використання простору;

- уніфікація складальних одиниць конструкції передбачає зменшення різноманітності їх форм шляхом стандартизації та оптимізації виробництва. Це досягається завдяки збільшенню обсягів виготовлення деталей меншої номенклатури, що дозволяє використовувати одну типову заготовку для різних елементів конструкції. При цьому заготовка повинна відповідати найбільш складній за формою та великій за розмірами деталі, створюючи необхідний запас металу для обробки інших, менш складних компонентів. Однак між вимогами уніфікації та компонування можуть виникати суперечності – зокрема, у питанні компактності та оптимального розміщення складальних одиниць. Ці протиріччя вирішуються на етапі конструкторського проектування шляхом встановлення раціонального рівня уніфікації;

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

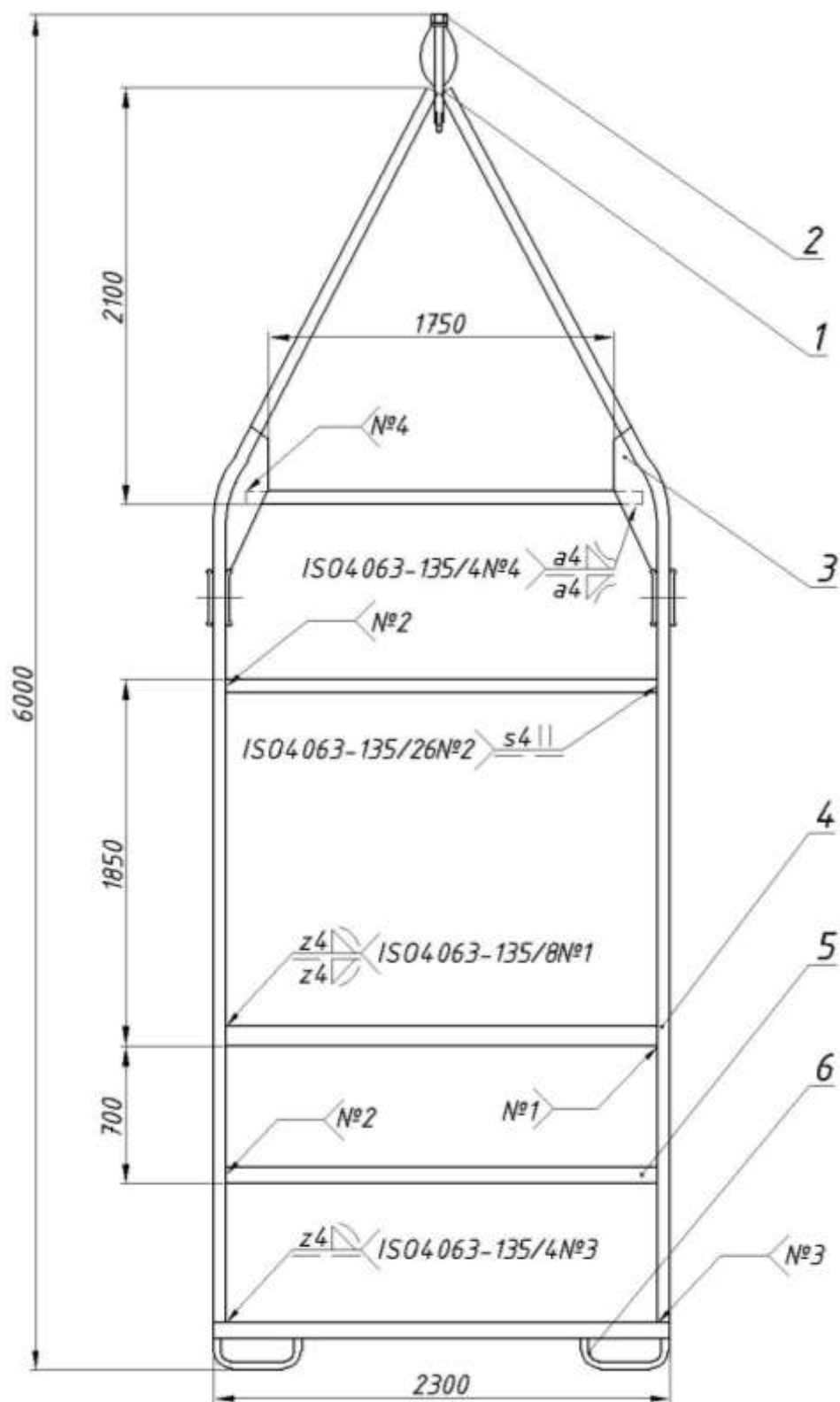


Рисунок 1.1 – Рама прицепа трейлера 82980С

1 – фаркоп, 2 – скоба, 3 – кронштейн, 4 – боковина, 5 – планка, 6 – щока

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- вимоги до механічної обробки спрямовані на зниження трудових і матеріальних витрат у процесі виробництва, а також на оптимізацію обсягу робіт, необхідних для забезпечення технологічного циклу. Це досягається шляхом використання уніфікованих деталей або їх стандартних елементів, що дозволяє спростити обробку та скоротити кількість індивідуальних операцій. Повна уніфікація конструктивних елементів сприяє зменшенню номенклатури виготовлюваних деталей, що, у свою чергу, відкриває можливість застосування більш продуктивного обладнання та спеціалізованого технологічного оснащення;

- основними вимогами до властивостей зварних з'єднань є забезпечення їх рівномірності з основним металом, тобто здатності витримувати ті ж навантаження, що й матеріал конструкції без втрати міцності. Крім того, важливою умовою є повна відсутність дефектів як у самих зварних швах, так і в зоні, прилеглої до шва.

У цьому випадку рама виступає як конструктивна складова трейлера моделі 82980С, призначеного для транспортування човнів загальною довжиною до 6,5 метра.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Рама причепа є складною зварною конструкцією, яка передбачає значний обсяг зварювальних робіт. З огляду на це, її проектування повинно здійснюватися з урахуванням можливості поділу конструкції на окремі вузли та підвузли. Такий підхід дозволяє суттєво спростити процеси складання та зварювання, забезпечити зручність у технологічному виконанні операцій, а також знизити рівень кінцевих деформацій, що виникають у процесі зварювання.

Зварна конструкція рами повинна виготовлятися відповідно до затверджених креслень, з дотриманням вимог державних та галузевих

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

стандартів, а також чинних нормативно-технічних документів, що регламентують процеси проектування, виготовлення та контролю якості.

Основними технічними вимогами до виробу та процесу його зварювання є точне дотримання розмірів деталей згідно з конструкторською документацією, а також правильний вибір і контроль параметрів режиму зварювання. Ці параметри мають забезпечувати отримання якісних зварних з'єднань відповідно до встановлених вимог, які залежать від товщини зварюваних елементів, марки сталі, що використовується, та типу зварювальних матеріалів. Після завершення зварювання шви повинні бути ретельно очищені від шлаку, а лицеві поверхні, що підлягають фарбуванню, - від зварювальних бризок.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення рами причепа трейлера використовується конструкційна низьколегована сталь марки 09Г2С, яка завдяки своїм високим механічним характеристикам є оптимальним матеріалом для відповідальних металевих конструкцій. Її застосування забезпечує надійність, довговічність і безпечну експлуатацію виробу. Основні механічні властивості цієї сталі наведені в таблиці 1.1, а хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 09Г2С [1]

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, % [1]

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

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є їх зварюваність. Під зварюваністю розуміють здатність матеріалу утворювати зварне з'єднання, яке при дотриманні встановленої технології відповідає вимогам, визначеним конструкцією виробу та умовами його експлуатації. Технологічна зварюваність, у свою чергу, оцінюється як ступінь відповідності властивостей отриманого зварного з'єднання властивостям основного металу, з якого виготовлено деталі.

До основних критеріїв зварюваності матеріалу належать такі показники:

- окислюваність металу під час зварювання, яка визначається його хімічною активністю;
- опір матеріалу утворенню гарячих тріщин під час зварювання, а також тріщин при повторних нагріваннях;
- стійкість проти виникнення холодних тріщин;
- чутливість металу до теплового впливу під час зварювання;
- відповідність властивостей зварного з'єднання експлуатаційним вимогам означає, що отримане з'єднання повинно забезпечувати необхідні характеристики, такі як міцність, пластичність, ударна в'язкість та інші.

Механічні характеристики металу шва та зварного з'єднання визначаються його структурою, яка формується в результаті впливу хімічного складу, параметрів зварювального процесу, а також застосування попередньої та після зварювальної термічної обробки.

Марганець у складі сталі сприяє її загартованості, і при вмісті до 0,65% не має негативного впливу на зварюваність. Кремній у межах 0,12–0,3% також не погіршує здатність сталі до зварювання. Хром підвищує твердість і міцність

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					12

матеріалу, а нікель, не впливаючи негативно на зварюваність, покращує пластичність і міцність сталі. Мідь, при вмісті до 0,3%, сприяє підвищенню корозійної стійкості сталі без зниження її зварювальних властивостей.

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{\text{екв}}$ [2, с.127]:

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

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

Отже:

$$C_e = 0.12 + \frac{1.7}{6} + \frac{0.30}{10} + \frac{0.30}{5} + \frac{0.30}{15} = 0.51 \quad \%$$

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю перевищує 0,45%, для запобігання утворенню тріщин після зварювання необхідно здійснювати попередній підігрів матеріалу до температури 350 °С.

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі цієї марки загалом близький до складу основного металу. Основна відмінність полягає в зменшеному вмісті вуглецю в зоні шва, що дозволяє уникнути утворення гартівних структур при інтенсивному охолодженні. Зниження міцності, яке може виникнути через меншу концентрацію вуглецю, компенсується легуванням металу шва марганцем і кремнієм, що надходять із електродного дроту.

Отже, хімічний склад металу шва визначається вмістом елементів як у основному, так і в присаджувальному металі, а також їх взаємодією з газовим середовищем під час зварювання. Підвищена швидкість охолодження шва сприяє зростанню його міцності, проте водночас призводить до зниження пластичності та ударної в'язкості. Це пов'язано зі змінами у кількості та структурі перлітної фази. Критична температура переходу металу однопрохідного шва майже не змінюється залежно від швидкості його

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

охолодження. Натомість сама швидкість охолодження металу шва визначається такими факторами, як товщина зварюваного матеріалу, обрані режими зварювання та початкова температура виробу перед зварюванням.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Усі матеріали та напівфабрикати, що надходять для складання рами причепа трейлера, повинні супроводжуватися сертифікатами заводу-виробника або відповідними паспортами. За їх відсутності використання таких матеріалів у виробництві допускається лише після проведення попередніх випробувань, які підтверджують відповідність вимогам стандартів і технічних умов постачання. Крім того, випробування можуть бути призначені за вказівкою відділу технічного контролю (ВТК) у разі виявлення відхилень властивостей матеріалів або напівфабрикатів від зазначених у супровідній документації.

Якість та характеристики матеріалів мають бути підтверджені виробником шляхом надання відповідних сертифікатів якості. У разі відсутності таких документів, інформацію про придатність і відповідність матеріалів встановленим вимогам надає заводська лабораторія.

Зварювальний дріт підлягає перевірці на чистоту поверхні, а його зберігання повинно здійснюватися в умовах, які виключають будь-яке забруднення або окислення.

Захисні гази підлягають перевірці на чистоту, зокрема на відсутність вологи і шкідливих домішок.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Під час виготовлення рами причепа трейлера, а також на етапі її проектування, необхідно забезпечити збереження геометричних розмірів,

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

форми виробу та належної чистоти поверхонь. Для досягнення цих цілей встановлюється низка вимог, зокрема:

- проектування конструкції рами причепа трейлера повинно здійснюватися з урахуванням технологічних особливостей виробництва;
- забезпечення правильного виконання всіх зварних з'єднань з урахуванням специфіки їх обробки, форми підготовки кромek та встановлених допусків на розміри;
- дотримання технології зварювання з метою запобігання виникненню внутрішніх напружень і деформацій конструкції.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Під час виготовлення рами причепа трейлера її конструкція та розташування зварних з'єднань повинні бути спроектовані таким чином:

- зварювання повинно виконуватись з суворим дотриманням усіх встановлених вимог;
- у разі потреби місцевого підігріву допускається вільне розміщення нагрівальних пристроїв;
- контроль якості зварних з'єднань здійснюється із застосуванням передбачених для цього методів;
- можливе виконання ремонту.

Щоб забезпечити надійність і довговічність конструкції, властивості зварних з'єднань повинні відповідати характеристикам основного металу. Тому для них встановлюються мінімально допустимі значення механічних показників – таких як міцність, ударна в'язкість і пластичність.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання деталей і вузлів перед зварюванням слід виконувати в спеціальних складально-зварювальних пристосуваннях, стендах або

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

установках, які забезпечують точність і якість виготовлення зварних вузлів та конструкції загалом. При цьому розміри основних деталей, що визначають габарити вузлів і всієї конструкції, необхідно задавати з урахуванням усадки металу, яка виникає в процесі зварювання.

При визначенні базових розмірів складально-зварювальних пристосувань, стендів та установок слід враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання окремих вузлів і конструкції в цілому.

Прихоплення елементів конструкції слід здійснювати виключно в передбачених технологічним процесом місцях і у визначеній послідовності.

Під час складання деталей перед зварюванням необхідно ретельно очищати основний метал у зонах зварювання від іржі, мастила, вологи, окалини та інших забруднень. Наявність таких домішок може спричинити дефекти зварних з'єднань і негативно вплинути на якість конструкції.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Висока якість зварної конструкції забезпечується за умови дотримання таких ключових вимог:

- під час проектування конструкції необхідно здійснювати її аналіз на технологічність;
- режим зварювання повинен бути дотриманий;
- для досягнення високої якості зварних з'єднань необхідно забезпечити точність складання елементів конструкції;
- зварювальні роботи виконувати якісними матеріалами;
- контроль якості зварних з'єднань слід здійснювати із застосуванням відповідних методів неруйнівного та, за потреби, руйнівного контролю;
- відсутність дефектів у з'єднаннях.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

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

Під час виготовлення рами причепа використовуються заготовки з профільного прокату – зокрема кутники та профільні труби прямокутного перерізу – а також листовий прокат.

Технологічний процес виготовлення рами причепа трейлера передбачає послідовне виконання низки основних операцій. Спочатку здійснюється розмічування заготовок, далі проводиться різання профільного та листового прокату. На етапі складання виконується попереднє компонування елементів рами, після цього здійснюється. Зварені вузли транспортуються між робочими зонами, наступним етапом є контроль якості зварних з'єднань. Завершальним етапом є подальше складання та остаточне зварювання елементів рами.

Правлення металевих заготовок здійснюється у холодному стані на листопрямильних вальцях. Розмічування деталей виконується на спеціалізованих розмічувальних станах, що дозволяє точно визначити контури обробки відповідно до креслень. Різання матеріалу проводиться газополуменевим методом або механічним способом із застосуванням кутових шліфувальних машинок, залежно від типу прокату та вимог до точності. Для очищення поверхні заготовок використовуються як механічні, так і хімічні методи. Механічне очищення, зокрема видалення іржі, окалини та забруднень, здійснюється за допомогою кутових шліфувальних машинок. Хімічна обробка включає операції знежирення та травлення.

Для виготовлення рами причепа трейлера застосовується метод ручного дугового зварювання з використанням плавкого електрода.

Зварювання конструкції рами причепа виконується на постійному електричному струмі прямої полярності, що забезпечує глибоке проплавлення металу та стабільність дуги. Відстань між торцем електрода та поверхнею виробу підтримується в межах 1–3 мм. Кут нахилу електрода під час

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

зварювання становить приблизно 75° , що дозволяє оптимально формувати зварний шов.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Параметри режиму ручного дугового зварювання

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

Під час зварювання покритими електродами спостерігається підвищене розбризкування електродного металу порівняно з іншими способами дугового зварювання. У процесі формування зварної ванни частина крапель розплавленого металу вилітає із зони дуги, що призводить до їх налипання або часткового сплавлення з поверхнею виробу поблизу шва.

Одним із суттєвих недоліків чинного технологічного процесу виготовлення рами причепа є застосування ручних затискних пристроїв. Ці пристрої потребують постійного втручання з боку складальника-зварювальника, що ускладнює процес фіксації елементів конструкції, збільшує тривалість складання та підвищує трудомісткість операцій.

Отже, для виправлення вказаних вище недоліків, потрібно:

- з метою підвищення ефективності виробництва та покращення якості виготовлення рами причепа трейлера доцільно удосконалити технологічні процеси різання та зачищення заготовок;
- для підвищення продуктивності зварювального процесу та зменшення розбризкування електродного металу необхідно розробити й впровадити вдосконалену технологію зварювання;
- затискні пристрої, замінити ручні механізми на механізовані або автоматизовані системи фіксації;
- впровадження більш сучасного устаткування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

При виборі оптимального способу зварювання для виготовлення рами причепа трейлера слід керуватися низкою ключових факторів, що визначають ефективність і якість зварного процесу. До них належать: тип матеріалу, з якого виготовлено конструкцію; товщина зварюваних елементів; рівень відповідальності конструкції в умовах експлуатації; обсяги виробництва (одиничне, серійне чи масове); вимоги, що ставляться до якості зварних з'єднань.

Беручи до уваги вищезгадані критерії, доцільним є застосування напівавтоматичного зварювання у середовищі CO₂.

Під час напівавтоматичного зварювання дуга виникає між кінцем електродного дроту та поверхнею виробу. Зварювальний процес здійснюється в середовищі вуглекислого газу, який подається до зони зварювання через зовнішній мундштук пальника. Газове середовище забезпечує захист розплавленого металу від шкідливого впливу кисню та азоту, що містяться в атмосферному повітрі.

Переваги напівавтоматичного зварювання в середовищі CO₂:

- забезпечується висока концентрація теплової енергії дуги, що сприяє обмеженій зоні структурних змін у матеріалі та мінімальним деформаціям виробу;
- процес характеризується високою продуктивністю завдяки частковій механізації;
- технологія легко адаптується до автоматизованих та механізованих систем;
- вуглекислий газ ефективно захищає зварювальну ванну від атмосферного впливу;

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- залишається можливість візуального контролю за положенням кінця електродного дроту під час зварювання;
- виконання зварних швів має низьку собівартість;
- метод дозволяє зварювати деталі з різною товщиною;
- можливе зварювання в будь-якому просторовому положенні;
- відсутність шлаку після зварювання скорочує час на обробку шва та загальну тривалість виготовлення виробу;
- устаткування для цього способу є простим у використанні та обслуговуванні.

Недоліки напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу:

- виникає потреба у використанні спеціальних засобів індивідуального захисту для запобігання впливу інтенсивного світлового та теплового випромінювання зварювальної дуги;
- через активність вуглекислого газу як захисного середовища існує підвищений ризик утворення пор у зварному шві, що може негативно впливати на його якість.

Ефективність напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу перевищує продуктивність ручного дугового зварювання покритими електродами у 1,5–4 рази, а також приблизно в 1,5 рази перевищує продуктивність процесу зварювання під флюсом.

Вартість наплавлення 1 кг металу при напівавтоматичному зварюванні в середовищі вуглекислого газу є в 2–2,5 рази нижчою порівняно з ручним дуговим зварюванням, а також на 10–20 % меншою, ніж при зварюванні під шаром флюсом.

Таким чином, для виготовлення рами причепа трейлера обрано напівавтоматичний спосіб зварювання в середовищі вуглекислого газу. Схематичне зображення процесу наведено на рисунку 2.1.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

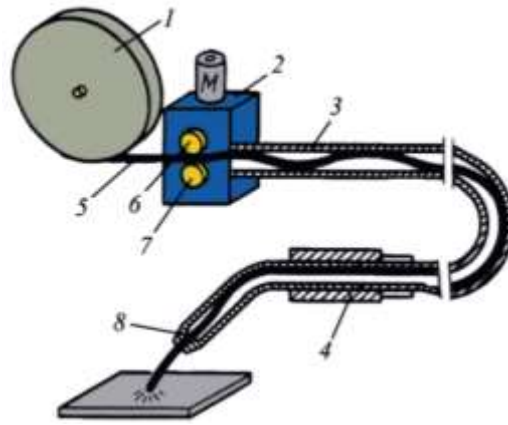


Рисунок 2.1 - Схема напіваавтоматичного зварювання у вуглекислому газі [3, с.163]

1 - котушка; 2 - механізм для подавання дроту; 3 - рукав; 4 -тримач; 5 - зварювальний дріт; 6 - коробка швидкостей ведучого та притискувального ролика; 7 – притискувальний ролик; 8 - наконечник; М - електродвигун

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір зварювальних матеріалів є ключовим етапом у розробці технологічного процесу. Тільки за умови правильного підбору основних та допоміжних матеріалів можна забезпечити отримання зварних з'єднань високої якості, що відповідають вимогам рівномірності між металом шва та основним металом.

Коректний вибір зварювальних матеріалів суттєво впливає на механічні та фізико-хімічні характеристики металу шва, які мають відповідати вимогам експлуатаційної надійності конструкції.

При виборі зварювальних матеріалів необхідно враховувати такі вимоги:

- забезпечення формування шва без пористості;
- досягнення високої технологічної міцності зварних з'єднань.

У процесі зварювання як захисне середовище застосовується активний газ – вуглекислий газ (CO₂).

Під час напіваавтоматичного електродугового зварювання у середовищі CO₂ основним зварювальним матеріалом виступає зварювальний дріт, а допоміжним – газ.

Під час зварювання рами причепа трейлера застосовується вуглекислий газ першого сорту, допустимий рівень домішок у якому не перевищує 0,5%.

При зварюванні низьколегованих сталей безпористі шви забезпечуються використанням кремнієво-марганцевого електродного дроту марки Св-08Г2С, який сприяє мінімальному забрудненню металу шва оксидними включеннями. Вміст оксидних включень у шві становить лише 0,009%. Такий низький рівень забруднення зумовлений оптимальним вмістом легуючих елементів – кремнію (0,23%) та марганцю (0,72%) – у складі металу шва.

Для зварювання рами причепа трейлера використовується зварювальний дріт марки Св-08Г2С, який має хімічний склад, близький до складу основного металу. Завдяки цьому дріт широко застосовується в машинобудуванні для зварювання низьколегованих сталей. Високі показники міцності при достатній пластичності, а також забезпечення рівномірності шва з основним металом досягаються за рахунок комплексного легування металу шва та ефективного розкислення зварювальної ванни.

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С наведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [4,с.216-217]

Марка дроту	Вміст, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,5-0,11	1,8-2,1	0,70-0,95	0,20	≤0,25	0,025	0,030

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Для забезпечення необхідних розмірів, форми та якості зварних швів при зварюванні доцільно не просто обирати параметри режиму, а виконувати їх попередній розрахунок. У випадку зварювання рами причепа трейлера, що здійснюється за допомогою таврових з'єднань, розрахунок режиму проводиться для кутового з'єднання з катетом 4 мм. Схема такого з'єднання представлена на рисунку 2.2.

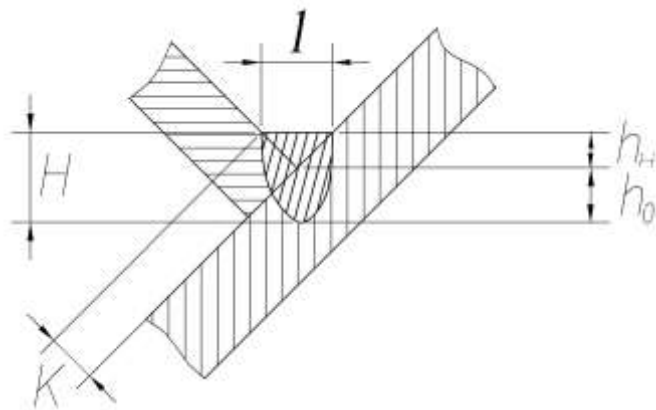


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

K - катет шва; H - висота шва; h_n - висота наплавленого металу; h_0 - глибина проплавлення основного металу; l - ширина шва

Основними параметрами режиму зварювання в вуглекислому газі, які суттєво впливають на розміри і форму швів, є:

- діаметр і марка електродного дроту d_e , мм;
- зварювальний струм $I_{зв}$, А;
- напруга на дузі U_d , В;
- швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}$, м/год;
- швидкість зварювання $V_{зв.}$, м/год;
- виліт електродного дроту l_d , мм;
- витрати захисного газу Q_g , м³/с

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Згідно зі стандартом, зварювання металу у середовищі вуглекислого газу передбачає обов'язкову розробку кромки для деталей товщиною понад 10 мм. У таких випадках рекомендовано зменшувати кут розроблення до 40° та притуплення кромки до 1–2 мм при зазорі між елементами в межах 0–5 мм. Для стикових з'єднань з товщиною від 1 мм до 10 мм допускається однобічне зварювання без попередньої розробки кромки.

Під час розрахунку параметрів режиму зварювання важливо забезпечити отримання шва з катетом заданої величини.

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

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

де K – катет шва, $K=4$ мм,

$$F_n = \frac{4^2}{2} = \frac{16}{2} = 8 \quad \text{мм}^2.$$

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

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

$$h_n = \sqrt{8} = 2,8284 \quad \text{мм}.$$

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

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 16} = 5,6568 \quad \text{мм}.$$

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

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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 $\psi_m=1,25$.

Отже:

$$H = \frac{5,6568}{1,25} = 4,5254 \quad \text{мм.}$$

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

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

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

$$h_0 = 4,5254 - 2,8284 = 1,697 \quad \text{мм.}$$

Для зварювання конструкції із низьколегованої сталі з катетом 4 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,2 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].

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{зв} = \frac{1,697}{1.45} \cdot 100 = 117,034 \quad I_{зв} \approx 120 \quad \text{А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 120 А.

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

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=12 \text{ Г/А} \times \text{год}$ [4, с.189];

ρ – густина електродного дроту, для сталі $\rho=7.8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$;

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

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3.14159 \cdot 1.2^2}{4} = 1.1309 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{н.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 120}{1.1309 \cdot 10^{-6} \cdot 7.8 \cdot 10^3} = 163.2468 \quad \text{м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=165 \text{ м/год.}$

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

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 120}{1000 \cdot \sqrt{1.2}} \pm 1 = 25.4774 \pm 1 \quad \text{В.}$$

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Приймаємо $U_d=25$ В.

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

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

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 1,2$ мм – $A = 2 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{2 \cdot 10^3}{120} = 16.6 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{36}=16$ м/год.

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

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1.2 мм $\gamma=75...300$ А/мм² [4, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{120}{110}} = 1.1802 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d=15$ мм [4, с.223].

Витрати захисного газу $Q_r = 1.6 \times 10^{-4}$ м³/с [5, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

П А Р А М Е Т Р			значення
назва	символ	одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	120
Напруга на дузі	U_d	В	25
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,2
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	16
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	165
Витрати захисного газу	Q_g	м ³ /с	$1,6 \times 10^{-4}$

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Устаткування для дугового зварювання в середовищі захисних газів може бути як універсального, так і спеціалізованого типу. Його характерною особливістю є наявність вузлів, агрегатів та допоміжних пристроїв, що забезпечують газовий захист металу шва та зони термічного впливу від контакту з атмосферним повітрям. Технічні та конструктивні параметри джерела живлення, зварювального напівавтомата, а також систем керування і регулювання процесу визначаються вимогами технології зварювання в захисному газовому середовищі.

Для виконання процесу зварювання при виготовленні рами причепа трейлера буде використовуватися зварювальний інверторний напівавтомат Grand MIG/MMA-360.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Зварювальний інверторний напівавтомат Grand MIG/MMA-360 працює у двох режимах: MMA та MIG. Режим MMA застосовується для зварювання, наплавлення та різання чорних та кольорових металів за допомогою покритих штучних електродів діаметром від 1,6 до 5 мм. MIG – це режим для напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів різних металів. Особливості моделі: два електронні дисплеї, знімний єврорукав, світловий індикатор подачі дроту, робота при зниженій напрузі, плавне регулювання струму, потужні силові роз'єми, функції Anti Stick та Hot Start, захист від перегріву [6].

Технічні параметри зварювального напівавтомата наведені в таблиці 2.3, а його зовнішній вигляд представлено на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата Grand MIG/MMA-360 [6]

Напруга мережі, В	220
Частота, Гц	50
Потужність, кВт	8,5
Напруга холостого ходу, В	56
Цикл роботи (ПВ/ПН), %	80
Зварювальний струм min, А	20
Зварювальний струм max, А	360
Діаметр електродів, мм	1,6-5,0
Діаметр зварювального дроту, мм	0,6-1,0
Клас ізоляції	F
Клас захисту	IP 21
Вага, кг	9,5



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата Grand MIG/MMA-360 [6]

Найважливішим елементом будь-якого зварювального апарата є пальник, оскільки саме він відповідає за збудження зварювальної дуги та формування і спрямування потоку захисного газу в зону зварювання. Його конструкція повинна забезпечувати безпечні умови роботи зварювальника, стабільність процесу зварювання, ефективний захист зони зварювання від впливу навколишнього середовища, а також мінімізувати напilenня розплавленого металу на сопло. Крім того, важливою вимогою є зручність технічного обслуговування пальника, зокрема легка та швидка заміна зношених деталей на нові.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики зварювального пальника Abicor Binzel RV 13 [7]

Номінальний зварювальний струм, А	180
Охолодження	повітряне
Діаметр електродного дроту, мм	0,6-1,2
Довжина шлангів, м	2,5

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварного виробу проводиться з метою виявлення дефектів у зварних швах, визначення їх типу, розмірів та особливостей. Така інформація є ключовою для прийняття рішення щодо можливості та доцільності ремонту, а також для встановлення причин виникнення дефектів. На основі отриманих результатів розробляються коригувальні заходи, спрямовані на запобігання повторному виникненню аналогічних недоліків у подальшому виробничому процесі.

У цьому випадку можуть бути застосовані наступні методи контролю:

- візуально-оптичний;
- радіаційний контроль;
- магнітний і електромагнітний;
- ультразвуковий контроль.

На сучасному етапі розвитку технологій візуальний метод контролю залишається одним із найважливіших засобів оцінки якості зварних з'єднань. Зовнішній огляд часто здійснюється неозброєним оком, а для підвищення точності використовуються збільшувальні засоби, зокрема лупи. У випадках, коли дефекти не можуть бути виявлені безпосередньо або зварні шви приховані за конструктивними елементами, застосовуються спеціалізовані оптичні прилади — ендоскопи, перископи та інші пристрої.

Своєчасне усунення дефектів, виявлених візуальним оглядом, і з'ясування причин їх виникнення дозволяє оперативно регулювати якість технології та зменшити об'єм наступних етапів контролю [8, с.114].

Радіаційна дефектоскопія. В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання в формі рентгенівських променів і гамма-випромінювання. Ці види випромінювання мають електромагнітну природу. Довжина хвилі рентгенівських променів - $6 \cdot 10^{-11}$... $6 \cdot 10^{-11}$ мм, гамма-

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

випромінювання- $4 \cdot 10^{-13} \dots 4 \cdot 10^{-12}$ мм, що в багато разів менше довжини світлових хвиль - $4 \cdot 10^{-7} \dots 7 \cdot 10^{-7}$ мм [8, с.114].

Рентгенівське та гама-випромінювання володіють великою енергією в порівнянні з світловою, що обумовлює їх високу проникаючу здатність. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами базується на зміні рентгенівського та гама-випромінювання в результаті втрати частини енергії при проходженні ними через матеріал в залежності від його густини та товщини [8, с.114].

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія. В межах малих об'ємів, так званих доменів ($V = 10^{-5} \dots 10^{-7} \text{ см}^3$), магнітні поля, які викликаються обертанням електронів навколо власних осей, врівноважують одне одного і деталь виявляється розмагніченою. Але під впливом зовнішніх магнітних ліній поля доменів встановлюються в його напрямку, при цьому створюється спільне поле [8, с.137].

Деталь намагнічена. Магнітні лінії мають певний напрямок. При контакті з дефектом, магнітна проникність якого в тисячі разів менша проникності основного металу, силові лінії обходять дефект і утворюють поле розсіювання магнітних ліній. Дефекти направлені вздовж магнітних ліній, не викликають істотних перешкод розповсюдженню потоку, тому важко виявляються магнітним контролем. І навпаки, дефекти, направлені перпендикулярно магнітним лініям, викликають істотне розсіювання та виявляються значно легше [8, с. 138].

Контролю магнітними методами піддаються тільки феромагнітні матеріали [8, с. 137].

Ультразвукова дефектоскопія є одним із найефективніших методів неруйнівного контролю, що базується на використанні пружних механічних коливань, які поширюються в матеріалі виробу. Такі коливання, сприймані як звуки, називаються акустичними. Якщо їх частота перевищує 20 кГц – межу чутливості людського слуху – вони класифікуються як ультразвукові. У

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дефектоскопії зазвичай застосовуються ультразвукові хвилі з частотою в діапазоні від 0,5 до 20 МГц. Суть методу полягає в наступному: ультразвукові коливання, які генерує випромінювач, поширюються крізь матеріал виробу. У разі наявності дефекту частина хвиль відбивається від його поверхні, утворюючи відбите та дифрагроване поля. При значних розмірах дефекту за ним виникає зона акустичної тіні. Приймач-шукач реєструє ослаблення ультразвукової хвилі або ехо-сигнал – відбиту хвилю, що дозволяє зробити висновок про наявність дефекту в досліджуваному зварному шві.

На рисунку 2.4 представлено схеми контролю двох з'єднань без дефекту та із присутніми дефектами.

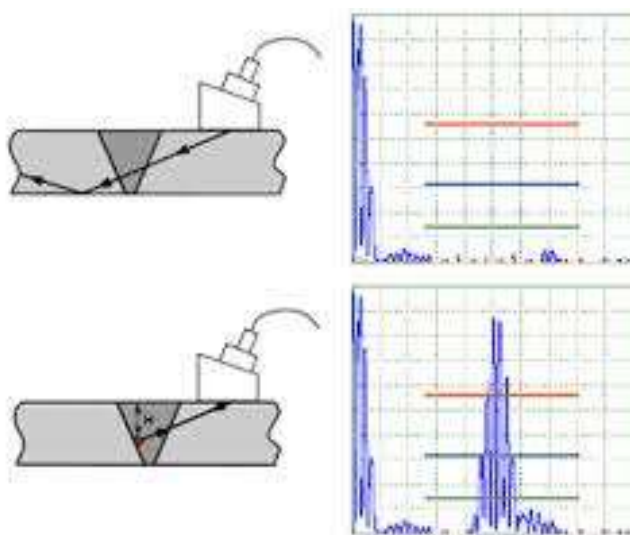


Рисунок 2.4 - Схеми контролю зварних з'єднань

З урахуванням технологічних та конструктивних особливостей виробу, для контролю якості зварних з'єднань рами причепа трейлера доцільно застосовувати комбінований підхід, що включає візуально-оптичний метод та ультразвукову дефектоскопію.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення рами причепа трейлера включає послідовність основних та допоміжних операцій, спрямованих на забезпечення високої якості та надійності конструкції. До складу процесу входять: заготівельні, складальні, зварювальні операції, контроль якості, а також допоміжні та опоряджувальні роботи.

2.6.1 Заготівельні операції

Процес виготовлення заготовок для вузлів рами причепа трейлера передбачає виконання ряду підготовчих операцій. До основних операцій належать: правлення, очищення, розмічування та різання металопрокату.

Правлення листового прокату здійснюється в холодному стані шляхом внесення локальних пластичних деформацій. Для цього використовуються листопрямильні вальці, які забезпечують вирівнювання листів за рахунок послідовного проходження через систему роликів (див. рис. 2.5). Правлення профільного прокату виконується на спеціалізованих правильних машинах (див. рис. 2.6), принцип роботи яких аналогічний листопрямильним вальцям.

Індивідуальне розмічування, хоча й забезпечує високу точність, є досить трудомістким і малопродуктивним. Альтернативою є намічування, яке дозволяє значно підвищити продуктивність. Однак виготовлення спеціальних шаблонів для намічування часто виявляється економічно недоцільним. З огляду на це, оптимальним рішенням є застосування оптичного методу розмічування. Він передбачає проектування креслення безпосередньо на поверхню заготовки.

Різнання листового прокату здійснюється на гільйотинних ножицях, які забезпечують прямолінійний розріз з високою точністю та чистотою кромки (див. рис. 2.7). Для обробки фасонних труб застосовується верстат із

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

зубчастим диском, що забезпечує точне та чисте різання профільних елементів (див. рис. 2.8).

Перед складанням деталей проводиться зачищення зварювальних кромки, з метою видалення забруднень, які можуть негативно вплинути на процес зварювання.

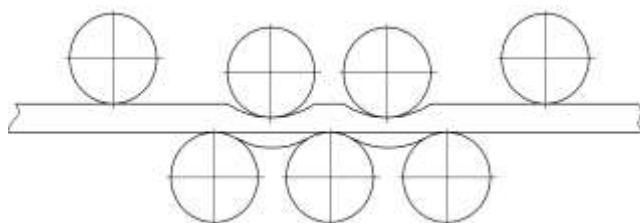


Рисунок 2.5 - Схема правлення листового прокату

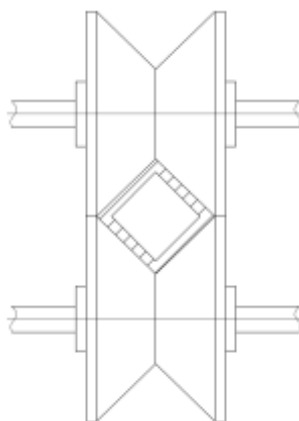


Рисунок 2.6 - Схема правлення фасонних труб

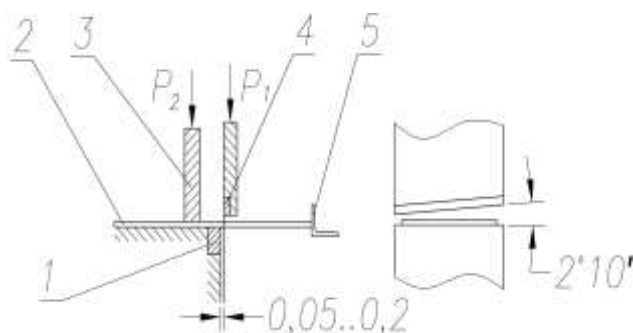


Рисунок 2.7 - Схема різання металу на гільйотинних ножицях

1 - нижній ніж; 2 - лист; 3 - притискач; 4 - верхній ніж; 5 – упор

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

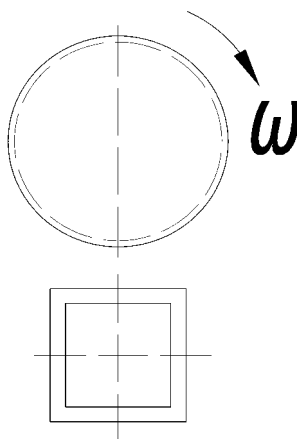


Рисунок 2.8 - Схема різання фасонних труб

2.6.2 Складальні операції

Складання конструкції здійснюється за наступною послідовністю операцій:

- складання фаркопа здійснюється у складально-зварювальному кондукторі. Для цього деталі встановлюються у пристосування відповідно до технологічної схеми та фіксуються за допомогою упорів і притискачів, що забезпечує їх точне позиціонування; після надійного закріплення виконується прихоплення складальної одиниці у визначених місцях;
- складання кронштейна кріплення ресор та щоки також здійснюється у складально-зварювальних кондукторах, призначених для складання відповідних складальних одиниць; у процесі складання деталі встановлюються у пристосування, де фіксуються у необхідному положенні, після чого виконується прихоплення у визначених місцях;
- складальні одиниці встановлюються у кондуктор, призначений для загального складання рами, де здійснюється їх точне позиціонування та прихоплення в заданих місцях; у результаті формується завершена рамна конструкція, яка надалі передається на операцію остаточного зварювання.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до розрахункових параметрів режиму зварювання здійснюється налагоджування напівавтомата: встановлюється сила зварювального струму, регулюються витрати захисного газу та швидкість подачі електродного дроту.

Під час складання, після встановлення елементів виробу у проектне положення, здійснюється прихоплювання у зонах майбутніх зварних швів. Після завершення прихоплювання конструкція підлягає загальному зварюванню.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювання виконується зачищення зварних швів та видалення металевих бризок з поверхні конструкції. Для виконання опоряджувальних операцій застосовуються відповідні інструменти та засоби індивідуального захисту, зокрема:

- захисні окуляри 02-76У;
- молоток Світязь 44064 500 г;
- кутова шліфувальна машина KRAISSMANN 1050 KWS 125EC;
- щітка дискова Vulkan.

2.6.5 Допоміжні операції

Під час виготовлення рами причепа трейлера моделі 82980С виконуються наступні допоміжні операції, необхідні для забезпечення якості та точності складання конструкції.

Перед початком зварювальних робіт здійснюється налагодження обладнання: регулюються витрати захисного газу та встановлюються параметри необхідного режиму зварювання відповідно до технологічних вимог.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час виконання перевантажувальних та підіймально-транспортних робіт здійснюються такі операції: встановлення деталей у складальному кондукторі, транспортування заготовок до робочого місця, переміщення готових конструкцій на дільницю контролю якості, а також виконання ґрунтування, фарбування і розміщення виробів на складі готової продукції.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють комплекс перевірок на всіх етапах виготовлення зварної конструкції. До складу контрольних заходів входять:

- перевірка вхідних зварюваних матеріалів на відповідність технічним умовам;
- контроль якості зварювальних матеріалів;
- оцінка якості виконання заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій, а також процесу зварювання;
- контроль зварних з'єднань та остаточна перевірка готової продукції.

Контроль якості зварної конструкції розпочинається з зовнішнього огляду, під час якого перевіряється форма та розміщення зварних швів на відповідність кресленням, а також виявляються можливі зовнішні дефекти та деформації. Після цього здійснюється вибірковий ультразвуковий контроль ехо-імпульсним методом, що дозволяє оцінити внутрішню якість зварних з'єднань.

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 зварних конструкцій, а також забезпечення економного та ефективного використання

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ресурсів у зварювальному виробництві промислових і будівельних підприємств. Основні положення щодо нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх розрахунку встановлені державним стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [9].

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

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [9, 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/Агод;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв} = 120$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш} = 2.20$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 120 \cdot 2.20 \cdot 10^{-3} = 3.96 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [9, с.7]:

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

де K_p – коефіцієнт витрат зварювального дроту, $K_p = 0.7$;

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_p = 3.96 \cdot 0.7 = 2.77 \quad \text{кГ},$$

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

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

де K_0 – коефіцієнт втрат зварювального дроту, $K_0=0.5$;

$$Q_{\text{нп}} = 3.96 \cdot 0.5 = 1.98 \quad \text{кГ}.$$

Отже:

$$H_{\text{ел}} = 2.77 + 1.98 = 4.75 \quad \text{кГ}.$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [9,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, $K_z=0.85\dots0.9$;

$$H_z = 2.77 \cdot 0.9 = 2.49 \quad \text{л / хв.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кГ наплавленого металу за формулою:

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

де – U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

K_n – коефіцієнт корисної дії джерела дуги, $K_n=0.75$;

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = \frac{25 \pm 1}{15 \cdot 0.9 \cdot 0.75} = 2.469 \quad \kappa Bm.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0.01 \cdot U_{\partial} \cdot I_{зв} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.18)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,05$ год;

$$E = \frac{0.01 \cdot 25 \cdot 120 \cdot 0.05}{0.9 \cdot 0.75} = 2.22 \quad \kappa Bm \cdot год.$$

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

На зварювальних пристосуваннях здійснюється остаточне зварювання виробів, попередньо зафіксованих прихопленням, з дотриманням заданого режиму та технологічної послідовності.

Розробка та вибір зварювальних пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Проектування нових пристосувань або вдосконалення наявних здійснюється з урахуванням:

- вивчення креслень та технічних умов на зварну конструкцію є початковим етапом у процесі розроблення технології зварювання. У практиці проектування зварних виробів питання технологічності часто залишаються поза увагою конструктора. Тому під час розроблення технологічного процесу, вибору та конструювання зварювального пристосування виникає необхідність детального аналізу технологічності зварної конструкції. Особливу увагу при цьому слід приділяти: конфігурації деталей, що входять до складу відповідної складальної одиниці; точності виготовлення заготовок, що впливає на якість складання і зварювання; стану поверхонь, які мають відповідати вимогам до зварювання (відсутність окалин, забруднень, корозії тощо);

- розроблення технологічного процесу виготовлення виробу є ключовим етапом підготовки виробництва. Раціональний процес складання та зварювання має бути детально опрацьований на рівні маршрутного або розгорнутого технологічного процесу, з урахуванням послідовності операцій, вимог до точності та умов виконання. Цей процес повинен бути ретельно проаналізований конструктором пристосування, оскільки саме від узгодженості технології та конструкції пристосування залежить ефективність складання;

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- аналіз програми випуску є важливим чинником при виборі та розробленні зварювального пристосування. На основі цього аналізу визначаються: складність конструкції пристосування, необхідність та доцільність оснащення його механізмами механізації або автоматизації, економічна ефективність впровадження автоматизованих рішень, можливість уніфікації та багаторазового використання пристосування для серійного або масового виробництва.

Такий підхід дозволяє забезпечити оптимальне співвідношення між витратами на виготовлення пристосування та його функціональністю, що особливо важливо для стабільного та високопродуктивного виробничого процесу.

Під час розроблення зварювальних пристосувань важливо прагнути до максимального зниження трудомісткості складальних і допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості продукції, а також створення комфортних і безпечних умов праці для робітників. У серійному та масовому виробництві переважно застосовуються механізовані високошвидкісні пристосування, які працюють за рахунок енергії стисненого повітря, рідин або електроенергії, замість фізичних зусиль людини. У таких випадках функції працівника зводяться до керування механізмами, а також завантаження та вивантаження виробів, коли повна механізація або автоматизація процесу є технічно складною або економічно недоцільною на поточному етапі виробництва.

Вибір конкретного зварювального пристосування з-поміж можливих варіантів здійснюється на основі техніко-економічного аналізу. Як правило, перевага надається тому рішенню, яке є найбільш раціональним з технічної точки зору та економічно доцільним з позиції рентабельності виробництва.

Складально-зварювальне обладнання класифікується за призначенням і може бути: універсальним, спеціалізованим і спеціальним.

Універсальне обладнання призначене для обробки широкої номенклатури виробів, забезпечуючи гнучкість у виробничому процесі. Натомість спеціальне обладнання розробляється для виготовлення одного або

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

кількох конкретних виробів, що дозволяє досягти високої точності та продуктивності. Вибір типу обладнання залежить від характеру виробництва (одиничне, серійне, масове), масштабів випуску продукції, а також конструктивних особливостей виробу, які визначають доцільність застосування того чи іншого виду оснащення.

Спеціальне обладнання забезпечує високу продуктивність та стабільну якість виготовлення, тому його доцільно застосовувати у масовому та крупносерійному виробництві, де повторюваність операцій і великий обсяг випуску виправдовують витрати на його розробку та впровадження.

Складальне обладнання поділяється на такі основні групи:

- складальні кондуктори;
- установки і стенди;
- переносні пристрої.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Складання зварного виробу включає низку послідовних технологічних операцій, які забезпечують точність, надійність та якість кінцевого з'єднання:

1) подавання деталей до місця складання, деталі або вузли транспортуються до робочої зони за допомогою універсального або спеціального транспортного обладнання (наприклад, конвеєрів, кранів, візків);

2) встановлення деталей у складальному пристосуванні, деталі розміщуються у певному положенні, яке визначається установчими елементами пристосування або суміжними деталями;

3) фіксація деталей, для запобігання зміщенню під час зварювання, деталі закріплюються затискними елементами (механічними, пневматичними або гідравлічними);

4) зварювання, після точної фіксації виконується зварювання відповідно до технологічного процесу (ручне, автоматичне або напівавтоматичне).

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

У розроблених складальних пристосуваннях застосовуються різноманітні елементи, а саме гідравлічні і пневматичні притискачі, призми, упори та ін.

Таким чином, основне призначення складального обладнання у зварювальному виробництві полягає в точному позиціюванні, фіксації та надійному закріпленні зварюваних деталей.

Під час складання та зварювання технологічних вузлів рами причепа трейлера 82980С використовуються складальні кондуктори.

Складальний кондуктор – це спеціалізований пристрій, що включає площинну або просторову раму (або плиту), на якій розміщені елементи для встановлення та фіксації деталей. Оскільки в кондукторі одночасно виконуються операції складання та зварювання, його конструкція повинна бути достатньо жорсткою та міцною, щоб витримувати зварювальні навантаження та деформації, які виникають у виробі.

Кантувач використовують для завершального етапу складання та зварювання рами причепа.

Кантувач призначений для розміщення виробу в оптимальному положенні для зварювання шляхом його обертання навколо горизонтальної осі. Для виготовлення цієї рамної конструкції застосовується двохстійковий кантувач із фіксованою віссю, який має низку переваг порівняно з іншими типами: універсальність, простота конструкції, компактність, низька вартість і незначна потреба в потужності приводу. Це пояснюється тим, що обертання здійснюється навколо поздовжньої осі, розташованої поблизу центра ваги виробу, що забезпечує баланс і стабільність. Такий кантувач фактично є спрощеним горизонтальним обертачем, який працює лише на маршовій швидкості обертання.

На відміну від обертача, який забезпечує безперервне обертання виробу зі швидкістю зварювання та зазвичай використовується для зварювання кругових швів, із необхідністю повного обертання на 360°, кантувач призначений для зварювання різноманітних швів на виробах складної форми, де повне обертання часто не є необхідним. При цьому одна зі сторін виробу, що

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

не містить зварних швів, може слугувати опорною поверхнею для кріплення, що є особливо важливим при зварюванні довгих конструкцій, які не можна надійно зафіксувати лише за торцеві частини на планшайбах стояків. Крім того, у випадках, коли неможливо використати додаткові опори між стійками, кантувач забезпечує необхідну стабільність і зручність у роботі.

Тому цю зварну конструкцію фіксують на поворотній рамі (налагоджувальному пристрої), яка монтується на стояках кантувача.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

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 трейлера 82980С

Показник	Одиниця виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		Фактичні данні	Проектні данні
1	2	3	4
Норма витрат по видах та марках основних матеріалів: прокат (сталь 09Г2С) зварювальний дрiт (Св-08Г2С)	кг	900 1,14	
Норма витрат по марках допоміжних матеріалів на вироб: вуглекислий газ (СО ₂)	кг	4,25	3,32
Розмір поворотних відходів на вироб	кг	19	
Ціна придбання матеріалу: -прокат (сталь 09Г2С) зварювальний дрiт (Св-08Г2С) вуглекислий газ (СО ₂)	грн	27190 118,5	
		-	200
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	76	
Габаритні розміри виробу	мм	6000х2300	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
рами причепа трейлера 82980С

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструмент		Розряд роботи	Штучна норма часу, год
		Назва моделі	Ціна за одиницю, грн	Назва моделі	Ціна за одиницю, грн		
1	2	3	4	6	7	8	9
Складання фаркопа	З	кондуктор	86000	молоток	365	3	4,7
	П						4,4
Зварювання фаркопа	З	ВДУ-506 ПДГ-508	38400	-	-	4	4,2
	П	Grand MIG/ MMA-360	9810				
Складання рами причепа трейлера	З	кондуктор	77200	шаблон	2900	4	5,8
	П						4,9
Зварювання рами причепа трейлера	З	ВДУ-506 ПДГ-508	38400	-	-	4	4,6
	П	Grand MIG/ MMA-360	9810				
Зачищення виробу	З	-	-	молоток	365	3	6,2
	П	Sparky Professional MBA 2400P AVR	5525	зубило	448		
Контроль якості виробу	З	УД 2301 Novotest	65000	-	-	5	5,3
	П						
Транспортування	З П	Кран-балка (таль)	970000	стропи	8600	4	7,5

Для виготовлення рами причепа трейлера застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [10, с.8]:

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

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

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

Розрахунок проводять за формулою [10, 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).

Кількість устаткування (робочих місць) для виготовлення фаркопа:

$$n = \frac{(4,4 + 4,2) \cdot 900}{1903 \cdot 1,2} = 3,38 \approx 4.$$

Кількість устаткування (робочих місць) для виготовлення рами причепа трейлера 82980С:

$$n = \frac{(4,9 + 4,6) \cdot 900}{1903 \cdot 1,2} = 3,74 \approx 4.$$

Кількість робочих місць для зачищення виробу:

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{6,2 \cdot 900}{1903 \cdot 1,2} = 2,44 \approx 3.$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = \frac{5,3 \cdot 900}{1903 \cdot 1,2} = 2,08 \approx 2.$$

Кількість транспортних засобів рейкового типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [10, с.13]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню краном на протязі року, 900 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається $K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{900 \cdot 17 \cdot 0,15}{2100 \cdot 0,7} = 1,56 \approx 2шт.$$

Приймаємо два транспортних засоби (електроталі) для обслуговування складального устаткування та для міжопераційного транспортування складальних одиниць рами причепа трейлера.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
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 [10,с.13]:

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

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 900$ шт;

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

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

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{900 \cdot (4,7 + 5,8)}{1850 \cdot 1,2} = 4,56 \approx 5 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{900 \cdot (4,4 + 4,9)}{1850 \cdot 1,2} = 3,77 \approx 4 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{900 \cdot (4,2 + 4,6)}{1850 \cdot 1,2} = 3,56 \approx 4 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{900 \cdot 6,2}{1850 \cdot 1,2} = 2,51 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{900 \cdot 5,3}{1850 \cdot 1,2} = 2,14 \approx 2 \text{чол.}$$

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:				
зварювальники	4	4	IV	IV
складальники	5	4	III	III
зачищувальники	2	2	III	III
контролери	2	2	V	V
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
транспортувальники	2	2	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	22	21	—	—

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

Варіант	Назва матеріалів ресурсів	Одиниця виміру	Ціна придбання за одиницю виміру, грн/кг	Затрати в натуральних одиницях, грн		
				на один виріб	на програму	
З	Сталь 09Г2С	кг	31	27190	24471000	
П						
З	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	104	118,5	106650	
П						
Разом			135	27308,5	24577650	
Варіант	Транспортно-заготівельні витрати		Загальна сума, грн		Вартість поворотних відходів, грн	
	у % до ціни купівлі	в грн. на один кг	на один виріб	на програму	на один виріб	на програму
З	5	1,55	1359,5	1223550	76	68400
П						
З	5	5,2	5,93	5332,5	-	-
П						
Разом		6,75	1365,43	1228882,5	76	68400

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

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

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [10, с.16]:

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$Z_{oo} = \sum_{i=1}^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [10, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [10, с.16]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [10, с.17]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 1,2 \cdot 55,5 \cdot (4,7 + 5,8) = 699,3 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 699,3 \cdot (0,2 + 0,15) = 244,76 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 699,3 \cdot 0,4 = 279,72 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 1,2 \cdot 55,5 \cdot (4,4 + 4,9) = 619,38 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 619,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 216,78 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 619,38 \cdot 0,4 = 247,75 \text{ грн}.$$

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- за двома варіантами:

$$З_{00} = 1,3 \cdot 56,5 \cdot (4,6 + 4,2) = 646,36 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 646,36 \cdot (0,2 + 0,15) = 226,23 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 646,36 \cdot 0,4 = 258,54 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищальників:

- за двома варіантами:

$$З_{00} = 1,7 \cdot 53,5 \cdot 6,2 = 563,89 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 563,89 \cdot (0,2 + 0,15) = 197,36 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 563,89 \cdot 0,4 = 225,56 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

- за двома варіантами:

$$З_{00} = 2,0 \cdot 57,5 \cdot 5,3 = 609,5 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 609,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,33 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 609,5 \cdot 0,4 = 243,8 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

- за двома варіантами:

$$З_{00} = 1,4 \cdot 55,5 \cdot 7,5 = 582,75 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 582,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 203,96 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 582,75 \cdot 0,4 = 233,1 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [10, с.16]:

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

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

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

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{\partial\partial} = 2 \cdot 53,5 \cdot 1850 = 197950 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 197950 \cdot 0,27 = 69282,5 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 197950 \cdot 0,4 = 79180 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{\partial\partial} = 2 \cdot 53,5 \cdot 1850 = 197950 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 197950 \cdot 0,27 = 69282,5 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 197950 \cdot 0,4 = 79180 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{\partial\partial} = 1 \cdot 53,5 \cdot 1850 = 98975 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 98975 \cdot 0,27 = 34641,25 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 98975 \cdot 0,4 = 39590 \text{ грн}.$$

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 [10, с.17]:

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

де $Z_{\partial\partial}$ - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = 1 \cdot 13700 \cdot 12 = 164400 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 164400 \cdot 0,27 = 57540 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 164400 \cdot 0,4 = 65760 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 10600 \cdot 12 = 127200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 127200 \cdot 0,27 = 44520 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 127200 \cdot 0,4 = 50880 \text{ грн}.$$

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:						
складальники	884614,5	626812,56	309615,08	219384,4	353845,8	250725,02
зварювальники	654116,32		228940,71		261646,53	
зачищувальники	285328,34		99864,92		114131,34	
контролери	308407		107942,45		123362,8	
транспортувальники	294871,5		103205,03		117948,6	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	197950		69282,5		79180	
ремонтники	197950		69282,5		79180	
електрики	98975		34641,25		39590	
ІТР	164400		57540		65760	
МОП	127200		44520		50880	
Разом	3213812,66	2956010,72	1124834,43	1034603,75	2032676,31	1929555,54

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:		
сталь 09Г2С		27190
дріт Св-08Г2С		118,5
Покупні вироби та напівфабрикати	4265,2	4263,5
Поворотні відходи		76
Паливо та енергія на технологічні цілі	2010,5	2009,5
Основна заробітна плата основних робітників	2697,04	2410,6
Додаткова заробітна плата основних робітників	943,96	843,71
Премії та надбавки основних робітників	1078,82	964,24
Відрахування на соціальне страхування	66,08	59,06
Відрахування на медичне страхування	118	105,46
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	1484,63	1484,63
Цехові (дільничні) витрати	874,8	874,8
Всього цехова собівартість	40771,83	40248

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість в натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
складально-	5	4	86000	86000	8160	8160
зварювальне	5	4	77200	77200		
зварювальне	8	4	38400	9810	1920	490,5
слюсарне	-	2	-	5525	-	276,25
контрольне	2	2	65000	65000	3250	3250
транспортне:	2	2	970000	970000	48500	48500
електроталь						
Інструменти:						
молоток	11	10	365	365	18,25	18,25
шаблон	5	4	2900	2900	145	145
лінійка	5	4	189	189	9,45	9,45
зубило	5	4	448	448	22,4	22,4
стропи	2	2	8600	8600	-	-
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будови та споруди	21000000	21000000	5	1050000	1050000	
Устаткування:						
складально-	824160	660960	23,8	196150,08	157308,48	
зварювальне	309120	39730,5	19,4	59969,28	7707,72	
зварювальне	-	11326,25	8,4	-	951,41	
слюсарне	133250	133250	10,7	14257,75	14257,75	
контрольне	1988500	1988500	8,4	167034	167034	
транспортне:						
електроталь						
Інструменти:			17,7			
молоток	4033,25	3668,25		713,89	649,28	
шаблон	14645	11745		2592,17	2078,87	
лінійка	954,45	765,45		168,94	135,49	
зубило	2262,4	1814,4		400,45	321,15	
стропи	17630	17630		3120,51	3120,51	
Разом	24294555,1	23869389,85		1494407,05	1403564,64	

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [10, с.26]:

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

де $C_{nз}$ - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nз}=56816,56$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=55680,01$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{мз}=40771,83$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=40248$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((56816,56 + 0,15 \cdot 40771,83) - (55680,01 + 0,15 \cdot 40248)) \cdot 900 = 1093612,05 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [10,с.27]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осз} - \Phi_{осн}}{E_{ур}}, \quad (4.11)$$

де $\Phi_{осн}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{осн}=42962949$ грн);

$\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{осз}=43534692$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [10,с.26]:

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

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{yp} = 900 \cdot (56816,56 - 55680,01) = 1022895 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{43534692 - 42962949}{1022895} = 0,56 \text{ р.}$$

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	900	900
Кількість технологічного устаткування	шт	22	18
Собівартість товарної продукції	грн	56816,56	55680,01
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	22	21
- основних робітників	чол	13	12
Фондомісткість продукції	грн/шт	40771,83	40248
Умовна річна економія	грн	-	1022895
Річний економічний ефект	грн	-	1093612,05
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,56
Місячний оклад основних робітників:			
- складальники	грн	25699,28	21441,5
- зварювальники	грн	23753,73	23753,73
- зачищувальники	грн	20722,96	20722,96
- контролери	грн	22399,123	22399,123
- транспортувальники	грн	21416,06	21416,06

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій

Відповідно до чинного законодавства України у сфері охорони здоров'я та трудового права встановлено обов'язок та порядок медичного огляду працівників, метою якого є визначення, оцінювання та фіксування стану здоров'я працівника, з'ясування можливості до виконання певних трудових обов'язків та встановлення медичних протипоказань, своєчасного виявлення гострих та хронічних захворювань, а також превенції виникнення та розповсюдження інфекційних хвороб [11].

Порядком проведення медичних оглядів працівників певних категорій визначено види медичних оглядів працівників [11]. Отже, медичні огляди поділяються на:

- попередні (при прийнятті на роботу);
- періодичні (протягом трудової діяльності);
- позачергові (за ініціативою роботодавця чи працівника);
- щорічні (для осіб до 21 року).

Попередній медичний огляд проводиться під час прийняття працівників на роботу з метою [12]:

- визначення стану здоров'я працівника і реєстрації вихідних об'єктивних показників здоров'я та можливості виконання без погіршення стану здоров'я професійних обов'язків в умовах дії конкретних шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу;
- виявлення професійних захворювань (отруень), що виникли раніше при роботі на попередніх виробництвах, та попередження виробничо зумовлених і професійних захворювань (отруень).

Періодичні медичні огляди працівників проводяться з метою [12]:

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

- своєчасного виявлення ранніх ознак гострих і хронічних професійних захворювань (отруєнь), загальних та виробничо зумовлених захворювань у працівників;

- забезпечення динамічного спостереження за станом здоров'я працівників в умовах дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів і трудового процесу;

- вирішення питання щодо можливості працівника продовжувати роботу в умовах дії конкретних шкідливих та небезпечних виробничих факторів і трудового процесу;

- розробки індивідуальних та групових закладів охорони здоров'я та реабілітаційних заходів працівникам, що віднесені за результатами медичного огляду до групи ризику;

- проведення відповідних оздоровчих заходів.

Позачерговий медичний огляд працівників проводиться [11]:

- за заявою працівника, якщо він вважає, що погіршення стану його здоров'я пов'язане з умовами праці;

- за своєю ініціативою, якщо стан здоров'я працівника не дає змоги йому виконувати свої трудові обов'язки.

Згідно відповідних нормативів щорічний медичний огляд осіб до 21 року є обов'язковим [13].

Перелік шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу, при роботі з якими обов'язковий попередній (періодичні) медичний огляд працівників – зварників [12]:

1) у медичних оглядах обов'язкова участь терапевта; фахівці іншого медичного профілю залучаються до складу медичних комісій з урахуванням характеру дії шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища і трудового процесу на стан здоров'я працівників;

2) обов'язково враховуються перелік загальних медичних протипоказань до роботи із шкідливими та небезпечними факторами

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

виробничого середовища і трудового процесу, додаткові протипоказання у відповідності до конкретних виробничих факторів;

3) працівникам (зварникам), які підлягають попередньому чи періодичному медичним оглядам, в обов'язковому порядку проводиться: дослідження крові (Hb, лейкоцити, ШОЕ) та ЕКГ;

4) при попередньому медичному огляді обов'язково проводиться рентгенографія органів грудної клітки у прямій проекції, а при періодичному - флюорографія, за винятком пунктів цього додатка, де вказана обов'язкова рентгенографія органів грудної клітки;

5) речовини, які визначені в переліку значком "А", належать до алергенів, значком "К" - до канцерогенів, значком "П" - до подразнювальних, значком "Ф" - до тих, що володіють фіброгенною дією, значком "Н" - до тих, що мають наркотичний ефект. За необхідності уточнення віднесення конкретної хімічної речовини до класу алергенів та канцерогенів слід керуватися гігієнічними нормативами [12].

В процесі своєї роботи зварювальник піддається впливу таких шкідливих факторів: іонізуючого, лазерного і теплового випромінювання, електромагнітних полів, виробничого шуму та вібрації, а також зазнає фізичних перенавантажень та перенапружень окремих органів і систем організму. Тому під час проходження ним медичного огляду обов'язковим є відвідування лікарів – невропатолога, хірурга, уролога, офтальмолога, дерматолога та отоларинголога [12].

Отже, професія зварника є небезпечною, оскільки піддається впливу багатьох шкідливих факторів. Тому обов'язковим є проходження медичних оглядів, які дозволять виявити певні зміни – відхилення у роботі органів та систем організму людини і вжити певних заходів для їх лікування та відновлення життєвих необхідних функцій.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок кількості вогнегасників для виробничого приміщення

Вимоги безпеки під час експлуатації вогнегасників [14]:

1. Під час експлуатації вогнегасників необхідно дотримуватися заходів безпеки, визначених нормативно-правовими актами та нормативними документами з питань охорони праці та експлуатації вогнегасників.

2. Забороняється [14]:

- експлуатувати вогнегасники з наявністю вм'ятин, опуклостей або тріщин на корпусі, запірно-пусковому пристрої, накидній гайці, а також у разі порушення герметичності з'єднань вузлів вогнегасника, несправності індикатора тиску (для закачних вогнегасників) та відсутності або пошкодження пломби;

- допускати механічні ушкодження корпусу та запірної арматури вогнегасника;

- розбирати і перезаряджати вогнегасники особам, які не мають права на проведення таких робіт;

- кидати вогнегасник у полум'я під час використання за призначенням та завдавати механічних пошкоджень для приведення його у дію;

- під час експлуатації вогнегасника спрямовувати його насадку (гнучкий рукав або розтруб) у бік людей, крім випадків використання для гасіння вогню на одязі та носимих речей на людині;

- використовувати вогнегасники для потреб, не пов'язаних з пожежогасінням;

- використовувати вогнегасники за відсутності розтруба або гнучкого рукава (залежно від типу вогнегасника).

3. Гасіння осередків пожежі, які виникли поза межами приміщень, потрібно здійснювати вогнегасником з навітряного боку та з безпечної відстані до осередку пожежі, але не менше ніж 1,5 метра.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Під час гасіння пожежі одночасно кількома вогнегасниками не дозволяється здійснювати гасіння струменями вогнегасної речовини, спрямованими назустріч один одному.

5. Газові вогнегасники мають застосовуватись у тих випадках, коли для ефективного гасіння пожежі необхідні вогнегасні речовини, що не пошкоджують обладнання та об'єкти (електронна апаратура, музеї, архіви тощо). Застосування порошкових вогнегасників для гасіння таких пожеж дозволяється лише за відсутності газових вогнегасників.

6. Під час застосування вогнегасника, придатного для гасіння пожежі електрообладнання, що перебуває під напругою електричного струму до 1000В, необхідно дотримуватися рекомендацій, зазначених у паспорті на вогнегасник.

7. Забороняється застосовувати водяні та водопінні вогнегасники для гасіння обладнання, що перебуває під електричною напругою, а також для гасіння речовин, які вступають з водою в хімічну реакцію, що супроводжується інтенсивним виділенням тепла та розбризкуванням речовини, якщо вони не призначені для цього.

8. Під час гасіння пожежі порошковими вогнегасниками необхідно брати до уваги утворення високої запиленості і, як наслідок, зниження видимості в приміщенні.

9. Під час гасіння пожежі газовими вогнегасниками необхідно враховувати можливість зниження концентрації кисню в повітрі приміщення, особливо якщо воно невелике за об'ємом. Забороняється триматися за розтруб вогнегасника.

У приміщеннях, де використання газових вогнегасників може створити небезпечну для життя людини концентрацію газів у повітрі, а також у разі використання пересувних газових вогнегасників необхідно використовувати ізолювальні засоби індивідуального захисту органів дихання [14].

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед використанням пересувних газових вогнегасників слід обмежити кількість обслуговуючого персоналу, який перебуває в приміщенні.

Критеріями вибору типу і необхідної кількості вогнегасників для захисту об'єкта є [14]:

- категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою виробничих, складських та лабораторних приміщень;
- клас можливої пожежі;
- придатність вогнегасника для гасіння пожежі певного класу та відповідність умовам його експлуатації;
- вогнегасна здатність вогнегасника конкретного типу;
- захищувана площа;
- до використання допускаються вогнегасники з конкретним типом (маркою) вогнегасної речовини, з якою вогнегасник має підтвердження відповідності вимогам національних стандартів.

Будинки адміністративного та побутового призначення і громадські будинки, у тому числі підприємства, на кожному поверсі повинні мати не менше двох переносних (порошкових, водопінних або водяних) вогнегасників з масою заряду вогнегасної речовини 5 кг і більше, а в разі площі поверху більше 100 м² кількість вогнегасників приймаються з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги [14].

Крім того, необхідно передбачати по одному газовому вогнегаснику з величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше – на 20 м² площі підлоги в офісних приміщеннях з оргтехнікою, коморах, електрощитових, вентиляційних камерах та інших технічних приміщеннях.

Приміщення площею менше ніж 20 м², у яких розміщено оргтехніку, слід оснащувати переносним газовим вогнегасником ВВК-2 [14].

В роботі пропонується розрахунок кількості вогнегасників, яка потрібна для зварювальної дільниці площею 300 м².

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Згідно основних критеріїв, що ставляться до вогнегасників і описані вище – кількість вогнегасників приймаються з розрахунку 1 кг вогнегасної речовини на кожні 10 м² площі підлоги [14]. Так як площа підлоги в нашому випадку становить 300 м², то маса вогнегасної речовини буде визначатися:

$$m = \frac{300}{10} = 30 \text{ кг.}$$

Отже, потрібно 30 кг вогнегасної речовини для облаштування даного виробничого приміщення – зварювальної дільниці.

Для облаштування приміщення будуть використовуватись газові вуглекислотні вогнегасники ВВК-5, що показані на (рис. 5.1), з масою вогнегасної речовини 5 кг.



Рисунок 5.1 – Загальний вигляд вогнегасника ВВК-5

Тому загальна кількість вогнегасників ВВК-5 буде розраховуватись за наступним виразом:

$$n = \frac{30}{5} = 6 \text{ шт.}$$

Таким чином, для площі приміщення 300 м² необхідно використати шість газових вогнегасників типу ВВК-5.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено аналіз аспектів удосконалення технологічного процесу та обладнання, що застосовується для виготовлення рами причепа трейлера 82980С.

Вдосконалення технології виготовлення конструкції стосується наступного:

- з метою підвищення ефективності виробництва та покращення якості виготовлення рами причепа трейлера доцільно удосконалити технологічні процеси різання та зачищення заготовок;

- для підвищення продуктивності зварювального процесу та зменшення розбризкування електродного металу необхідно розробити й впровадити вдосконалену технологію зварювання;

- затискні пристрої, замінити ручні механізми на механізовані або автоматизовані системи фіксації;

- впровадження більш сучасного устаткування.

Технологічний процес виготовлення рами причепа трейлера включає послідовність основних та допоміжних операцій, спрямованих на забезпечення високої якості та надійності конструкції. До складу процесу входять: заготівельні, складальні, зварювальні операції, контроль якості, а також допоміжні та опоряджувальні роботи.

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь 09Г2С. Характеристики сталі 09Г2С: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/09g2s> (дата звернення: 19.05.2026).
2. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
3. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 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: 22.05.2026).
5. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
6. Зварювальний інверторний напівавтомат Grand MIG/MMA-360. Зварювальні апарати Grand: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/393418452/p393418452/> (дата звернення: 22.05.2026).
7. Зварювальний пальник Abicor Binzel RV 13, 2,5 м, KP CN frei. Пальники зварювальні Abicor Binzel, TBI (Німеччина): веб-сайт. URL: <https://kievsvarka.com.ua/ua/g4043426-gorelki-svarochnye-abicor> (дата звернення: 22.05.2026).
8. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-yakosti-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 22.05.2026).

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

9. 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).

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

11. Медичні огляди працівників: підстави та порядок проведення. Довідково-інформаційна платформа: веб-сайт. URL: <https://wiki.legalaid.gov.ua/index.php> (дата звернення: 10.06.2026).

12. Наказ Міністерства охорони здоров'я «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» від 21.05.2007р. №246 зі змінами від 14.02.2012р. №107. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0846-07#Text> (дата звернення: 10.06.2026).

13. Закон України «Про охорону праці» / Відомості Верховної Ради України. – 1992. - № 49. - ст.668 (із змінами, внесеними згідно із Законом № 2849-IX від 13.12.2022). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-2#Text> (дата звернення: 10.06.2026).

14. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників» від 15.01.2018р. №25 зі змінами від 28.10.2020р. №765, від 23.06.2022р. №387. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення: 10.06.2026).

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

ДОДАТКИ

					КР.422.30.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		