

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
теплообмінного апарату

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

Михайло ГАНИШ

Керівник

Ігор ГУМЕНЮК

Рецензент

Віктор СЕНЧИШИН

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

«__» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ГАНИШУ Михайлу Михайловичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
теплообмінного апарату

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

затверджений наказом від 29. 04. 2025 року № 4/9-209

Термін подання студентом роботи 20.06.2025р.

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 Норми і правила безпеки зварювальника

5.2 Розрахунок виробничого штучного освітлення

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення теплообмінного апарату – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення теплообмінного апарату – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення роликового позиціонера PRB-600 – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення роlikоопори привідної – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Оксана РЕДЬКВА, викладач	 (підпис) (дата)	 (підпис) (дата)
Охорона праці	Лілія СЕМКІВ, викладач	 (підпис) (дата)	 (підпис) (дата)

Дата видачі завдання 19.05.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	22.05.2025	
2	Технологічний розділ	26.05.2025	
3	Конструкторський розділ	04.06.2025	
4	Організаційно-економічний розділ	09.06.2025	
5	Охорона праці	12.06.2025	
6	Графічна частина	16.06.2025	
7	Перевірка на плагіат	18.06.2025	

Студент

(підпис)

Михайло ГАНИШ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор ГУМЕНЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення теплообмінного апарату 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 heat exchanger manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	10
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	10
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	12
1.3.4 Вимоги до складання	12
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	15
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	16
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	17
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	22
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	26
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	27
2.6.1 Заготівельні операції	28
2.6.2 Складальні операції	29
2.6.3 Складально-зварювальні операції	30

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ											
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата												
Розроб.		Ганиш			Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення теплообмінного апарату Пояснювальна записка						Літ.	Арк.	Аркушів			
Перевір.		Гуменюк											4	70		
Реценз.		Сенчишин									ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск					
Н. Контр.		Залуцька														
Затв.		Дранівська														

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	30
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	31
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	32
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	35
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	35
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	40
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	40
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	45
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	48
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	49
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	55
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	55
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	58
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	60
5.1	Норми і правила безпеки зварювальника	.	.	.	.	.	60
5.2	Розрахунок виробничого штучного освітлення	.	.	.	.	.	61
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	66
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	67
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	70

ВСТУП

Зварюванням називається процес отримання нероз'ємного з'єднання під дією встановлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їх місцевому або загальному нагріванні, пластичній деформації або при одночасній дії і того і іншого. Зварювання займає важливе місце в різних галузях промисловості і будівництві завдяки своїм перевагам перед іншими способами виробництва виробів, наприклад куванням, литвом, клепаанням та ін.

Важливою перевагою зварювання є можливість в процесі виготовлення виробу вибрати найбільш раціональну його конструкцію і форму. Зварювання дозволяє використовувати метали і значно зменшити відходи виробництва. Наприклад, при заміні клепаних конструкцій зварними економлять металу в середньому складає 15...20%, а при заміні литих – приблизно 50%. Трудоемкість виконання зварювальних робіт менша порівняно з клепаанням і литвом. Відсутня необхідність виконання таких робіт, як розмічування, свердління отворів, складного формування та ін. Особливо відчутне зниження трудоемкості при виготовленні великогабаритних виробів: при заміні литих корпусів і станин зварювально-литими, а штампованих виробів складної форми – штампово-зварними, що в свою чергу знижує їх собівартість.

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					<i>КР.422.03.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- 1) труба $\varnothing 100 \times 1025$ – 1 шт.;
- 2) обичайка $\varnothing 218 \times 1000$ – 1 шт.;
- 3) патрубок $\varnothing 32 \times 55$ – 2 шт.;
- 4) фланець $\varnothing 210 \times 40$ – 2 шт.

Конструкція теплообмінного апарату є циліндричної форми із зовнішнім діаметром $\varnothing 218$ мм, при цьому його загальна довжина складає 1055 мм.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Виготовлення теплообмінного апарату повинно виконуватись із забезпеченням вимог:

- 1) процес складання має відповідати вимогам креслень та технічних умов;
- 2) деталі конструкції повинні забезпечувати потрібну точність та бути чистими без забруднень та окалини;
- 3) процес зварювання повинен здійснюватися на робочих місцях спеціалізованих ділянок та майстерень;
- 4) перед виконанням зварювання, складені деталі конструкції повинні бути прийняті технічним контролем;
- 5) використовуване обладнання повинно задовольняти відповідні параметри режиму роботи;
- 6) використовувати найбільш придатний та продуктивний спосіб зварювання, ручне використовується тільки тоді, якщо будь-який інший спосіб буде непридатний або малоефективний.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Найкращими умовами для виготовлення теплообмінного апарату є забезпечення механічних властивостей, які супроводжуються відповідними експлуатаційними роботами. Для даної конструкції найкращими показниками

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

володіє конструкційна, низьковуглецева сталь звичайної якості марки Ст4сп.
Її хімічний склад описується в таблиці 1.1 [2].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст4сп,% [2]

C	Mn	Si	S	P
			не більше	
0,18-0,27	0,40-0,70	0,15-0,30	0,050	0,040

Низьковуглецева сталь поставляється з гарантованим хімічним складом та механічними властивостями, які записані в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі Ст4сп [2]

Стандарт	Межа плинності, Н/мм ²	Тимчасовий опір, Н/мм ²	Відносне видовження, %
ДСТУ 8803	265	410-530	24

Склад сталі Ст4сп відповідає вимогам стандарту ДСТУ 2651. Дана марка сталі використовується для виробництва конструкцій промислового призначення, а також машинобудівних середньої міцності.

Надійність забезпечувати формування добрих швів в процесі зварювання відбувається еквівалентним вмістом вуглецю $C_{\text{екв}}$ [3, с.127]:

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

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

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0,27 + \frac{0,70}{6} + \frac{0,30}{24} = 0,52\%.$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Із розрахованого еквівалентного вмісту вуглецю випливає, що для забезпечення доброго зварювання необхідне виконання попереднього підігріву. Тому треба вибирати раціональний спосіб зварювання та ретельно зачищати кромки до металевого блиску. Щоб не утворювалися гартівні структури, то після зварювального процесу потрібно з'єднання термічно обробляти – нормалізацією та відпуском.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріали та напівфабрикати, які необхідні для виготовлення теплообмінного апарату повинні мати гарантовану якість, що підтверджується сертифікатами відповідності або іншими супроводжувальними документами, якщо вони відсутні, то потрібно додатково провести лабораторні випробування, задля підтвердження їх властивостей та складу.

Заготовки основних деталей повинні мати маркування, яке вказує марку матеріалу, номер деталі і номер партії. Маркування на основних деталях повинне залишатися до повного виготовлення виробу. Місце маркування зазначається в конструкторській документації. Деталі основного кріплення повинні відповідати вимогам стандарту. Деталі та вузли, що надходять повинні бути очищені від окалини, іржі, забруднень, мастил. Наявність задирань і забоїв не допускається. Також додаткові випробування матеріалів можуть проводитися, якщо відділ технічного контролю має сумнів у їх якості, тобто невідповідності властивостей або складу сертифікаційним даним.

Якість матеріалів і напівфабрикатів є важливим показником, який напряду впливає на виготовлювану продукцію, її властивості задовольняти експлуатаційні вимоги за призначенням, що підтверджують її сертифікати відповідності.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Зварювальний дріт повинен бути відповідної марки, яка буде найбільш придатною до основного матеріалу повинен бути чистим, без забруднень, іржі та окалини, а також сухим – без надмірної вологості.

Захисна суміш чи газ повинен відповідати стандарту і не містити сторонніх домішок.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Якість виконання технологічних робіт, а особливо складання залежить від точності розмірів одержаних деталей, що впливає на конфігурацію складального виробу, а чистота їх поверхонь обумовлює якість отримуваних зварних з'єднань. Для забезпечення кращого провару можливий скіс кромки, що виконується механічним різанням, при цьому прямолінійність стиків повинна знаходитись в межах допустимих норм.

Однією з важливих характеристик теплообмінного апарату є його достатня стійкість та відсутність появи тріщин під впливом зовнішнього середовища. Тому що у середовищі виробу можуть бути присутні хімічно-активні речовини, які власне і задають певні негативні впливи згідно експлуатаційних вимог.

Апарат є статичним нерухомим виробом, де немає активних контактів між деталями, тому значення низької шорсткості не є вирішальним. Загальна шорсткість всіх поверхонь виробу повинна знаходитись в межах $R_a=50$.

Геометрична форма та розміри виробу повинні формуватися під час виконання складально-зварювальних робіт. Використання додаткових рихтувальних робіт в технологічному процесі не передбачається, тільки як виняток – для виправлення бракованого виробу. Можливі зміщення, неточності, перекоси, неплоскостність деталей повинні знаходитись в допустимому інтервалі величин, що задаються технічними умовами на виготовлення теплообмінного апарату.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварні з'єднання конструкції повинні відповідати таким вимогам:

- відповідність конструктивним формам і типам, зварювання теплообмінного апарату виконується з'єднаннями стиковими типу С1, тавровими типу Т1 і напусковими Н1 з катетом 3 мм, в цих типах з'єднань непередбачене розроблення кромки торців деталей;
- місця їх розміщення не повинні знижувати технологічні властивості конструкції, а відповідно погіршувати її технологічність;
- послідовність виконання зварних швів повинна відповідати технічним умовам на виготовлення конструкції;
- стабільне виконання процесу зварювання спостерігається при розміщенні швів у нижньому положенні;
- гарний зовнішній вигляд шва з гладкою або лускуватою поверхнею;
- відсутність будь-яких дефектів – це найголовніша вимога від якої залежить працездатність зварної конструкції.

1.3.4 Вимоги до складання

Суть складання полягає у встановленні та фіксації деталей згідно проектного положення, яке відповідає кресленню.

Складальна конструкція містить деталі та заготовки, в яких перевіряють:

- правильність габаритних розмірів;
- відповідність кресленням;
- присутність різних забруднень;
- конструктивні розміри та кути розроблення кромки.

Процес складання є трудомістким, тому під час його виконання потрібно керуватися наступними умовами:

- 1) проектне встановлення деталей у складальному пристосуванні;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- 2) витримувати рівномірність зазорів;
- 3) надійне закріплення деталей зі збереженням форми при додатковому впливі процесу зварювання;
- 4) забезпечення площинності та прямолінійності деталей;
- 5) використання спеціального складального або складально-зварювального устаткування;
- 6) врахування величини деформацій, які викликаються зварюванням;
- 7) правильна послідовність виконання та величина конструктивних прихоплень;
- 8) довжина прихоплень не повинна перевищувати 25 мм, при їх перерізі 0,35 – 0,75 відносно товщини основного металу;
- 9) торці деталей в місцях зварювання повинні бути зачищені до металевого блиску.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість готового виробу суттєво залежить від кожної операції, що входить у його технологічний цикл виробництва. Процеси зварювання є прогресивними методами отримання нероз'ємних з'єднань, однак вони супроводжуються підвищеною вірогідністю утворення дефектів. Тому проектувальникам потрібно максимально можливо зменшити кількість швів на зварній конструкції. Отже раціонально застосовувати заготовки складної конфігурації, що отримуються способами гнуття, прокатки, штампування та ін.

Можлива присутність дефектів у швах повинна бути визначена та прийняті певні заходи по усуненню причин утворення даних нещільностей. Якщо технологія допускає, то дефектні ділянки шва вирізаються і метал зварюється заново, однак дану процедуру не можна проводити більше двох раз в одному і тому ж самому місці.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питання технологічності конструкції повинно проглядатися на кожному етапі її виготовлення і для прикладу якщо виріб складної форми, то його доцільніше розібрати на окремі вузли для того, щоб полегшити виконання складальних робіт.

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

Процес складання теплообмінного апарату на підприємстві виконується без застосування будь-яких пристосувань. Процес зварювання так само не механізований. Зварювання напіваавтоматичне в середовищі вуглекислого газу, зварювальний дріт Св-08А.

Основним видом транспорту в цеху є мостовий кран, що значно затягує виробничий цикл, порушує ритмічність виробництва, збільшує собівартість продукції. У цьому проекті з метою вирішення цієї задачі пропонується використання декількох спеціальних поворотних пристосувань.

Для виготовлення теплообмінного апарату використовується металопрокат, що забезпечує застосування високопродуктивного, прогресивного способу отримання заготовок.

Конструктивно виріб легко розчленовується на технологічні вузли, для складання яких має бути розроблене технологічне оснащення з відносно простими способами фіксації. Це зумовлює можливість механізації складальних операцій.

Зварні шви виконуються в нижньому положенні, що дозволяє застосувати різного роду кантувальні пристрої. Виконаний аналіз дозволяє віднести теплообмінний апарат до технологічних зварних конструкцій.

На базовому підприємстві складання і зварювання теплообмінного апарату виконується в ручну, а в даному випадку розроблено пристосування.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Теплообмінний апарат виготовляється із листового і профільного металу, тому найкращим способом її зварювання, який відповідає всім потребам технології є механізований (напівавтоматичний) в захисних газах. Його перевагами є висока універсальність, зручність, достатня продуктивність, надійний захист зварювальної зони за рахунок продування її спеціальним газом, а також можливі всі варіанти виконання зварних швів не залежно від їх просторового розміщення. Цей варіант є найкращим, але теплообмінний апарат може зварюватися і за допомогою інших методів, для прикладу:

– ручне зварювання покритими електродами є самим розповсюдженим процесом завдяки своїй простоті, легко-доступності, універсальності, тому він знайшов і широке застосування в народному господарстві; однак, що стосується велико-серійного виробництва, то він не забезпечує достатньої продуктивності, так як включає виконання багатьох робіт вручну, його основні умови застосування – це ремонтні та монтажні роботи;

– зварювання під флюсом, спосіб володіє найкращою продуктивністю виконання зварювального процесу, так як виконується автоматично та формує якісні зварні шви за рахунок надійного захисту реакційної зони; але основне його місце призначення полягає у виконанні швів великої довжини, що розміщаються в нижній частині, тому цей процес не зовсім придатний так як апарат зварюється швами середньої довжини, що розміщуються просторово;

– газове зварювання є також відносно простим процесом, що відноситься до хімічного типу, тому що метал розплавляється за участю полум'я утвореного сумішшю відповідних газів; він не вимагає застосування стаціонарних мереж, однак його продуктивність не є на високому рівні, а шви можуть не відповідати заявленим показникам якості;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– плазмове зварювання все ширше застосовується останніми роками, тому що дозволяє утворювати шви високої якості, також продуктивність праці на високому рівні за рахунок застосування комплексної механізації та автоматизації процесу; стосовно його обмеженого використання, то негативно впливає вартість обслуговування обладнання та його недовговічність.

Тому зваживши всі застереження, зварювання теплообмінного апарату виконується напівавтоматичним методом з використанням захисної суміші МІХ-1, яка містить такий склад – Ar 82% + CO₂ 18%.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Зварювання в захисних сумішах має деякі переваги порівняно з традиційним вуглекислим газом. Так не змінюючи технології та устаткування можна досягнути вищу швидкість зварювання за рахунок покращення стабільності горіння дуги, що дозволяє отримати струменеве з додатковим нагнітанням перенесення металу в зварювальну ванну підвищуючи при цьому якість на надійність утворюваних швів. Швидкість подачі дроту в зону зварювання може бути збільшена з 6 до 14 м/хв, без негативного впливу на зварювальний процес. Зварювання в захисних сумішах забезпечує ідеальне формування зварних швів при мінімальному забрудненні прилягаючих поверхонь, так як перенесення електродного металу відбувається струменевим методом.

Тому для виготовлення теплообмінного апарату використовується захисна суміш МІХ-1, яка складається з аргону та вуглекислого газу вищих сортів в пропорціях – 82% Ar+18% CO₂.

Отримання необхідних механічних характеристик зварних з'єднань при зварюванні сталі Ст4сп досягається використанням зварювального дроту марки Св-08Г2С. Необхідна кількість в його складі марганцю та кремнію забезпечує добре розкислення зварювальної ванни із забезпеченням

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

достатньої пластичності наплавленого металу. Хімічний склад зварювального дроту представлений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [3, с.177]

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

Цей дріт поставляється з обмідненою поверхнею, щоб вберегти його від різного роду забруднень та дефектів та протидії протікання корозійних процесів.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Для забезпечення правильних конструктивних елементів зварного шва виконується розрахунок параметрів режиму зварювання. Розрахунок виконується в залежності від типу зварного з'єднання, для стикових швів потрібно забезпечити потрібну ширину шва, а для кутових, таврових і напусків з'єднань – катет шва. Зварювання теплообмінного апарату виконується стиковими, напускними і тавровими з'єднаннями, з переважаючою більшістю останніх, отже розрахунок проводимо для таврового з'єднання із катетом 3 мм. Вигляд з'єднання показаний на рисунку 2.1.

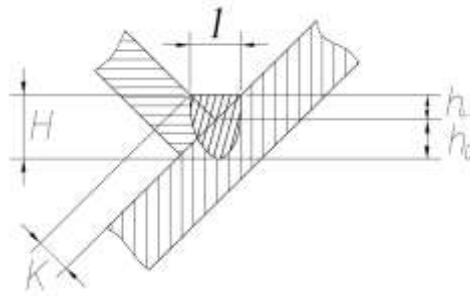


Рисунок 2.1 – Вигляд таврового з'єднання

K - катет шва; H - висота шва; $h_{\text{н}}$ - висота наплавленого металу; h_0 - глибина проплавлення основного металу; l - ширина шва

На якість і формування зварного шва впливають такі основні параметри режиму зварювання у суміші захисних газів:

- сила зварювального струму $I_{\text{зв}}$, А;
- напруга дуги $U_{\text{д}}$, В;
- подача зварювального дроту $V_{\text{п.д.}}$, м/год;
- швидкість зварювання $V_{\text{зв.}}$, м/год.

Зварювання металу у захисних сумішах з обов'язковим розробленням кромки проводять, якщо його товщина більше як 10 мм це згідно Державного стандарту. При цьому зменшують кути розроблення до 40° і величину притуплення до 1-2 мм при зазорах 0-5 мм. Якщо товщина заготовок від 1 мм до 10 мм в стикових з'єднаннях, то зварювання проводять однобічне без розроблення кромки

Розраховуючи параметри режиму зварювання для з'єднання Т1, треба забезпечити необхідну величину катета, щоб виконувалась умова міцності.

Площа наплавленого металу $F_{\text{н}}$ розраховується за формулою [4, с.196]:

$$F_{\text{н}} = \frac{K^2}{2}, \quad (2.1)$$

де K – катет шва, $K=3$ мм,

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$F_H = \frac{3^2}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \text{ мм}^2.$$

Висота наплавленого металу h_n розраховується за формулою [4, с.197]:

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

$$h_n = \sqrt{4,5} \approx 2,12 \text{ мм.}$$

Ширина шва l розраховується за формулою [4, с.197]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 9} = 4,24 \text{ мм.}$$

Загальна висота шва H розраховується за формулою [4, с.196]:

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

Тому:

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

вибравши значення ψ_M , що знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], вибираємо $\psi_M=1,25$.

Тоді:

$$H = \frac{4,24}{1,25} = 3,39 \text{ мм.}$$

Мала величина ψ_M вказує на великі струми, що позитивно впливає на продуктивність зварювання.

Глибина проплавлення h_0 розраховується за формулою [4, с.197]:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$h_0 = 3,39 - 2,12 = 1,27 \text{ мм.}$$

Для зварювання виробу із вуглецевої сталі з катетом 3 мм, вибираємо зварювальний дріт діаметром 1,0 мм.

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

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,2$ [4, с.193].

$$I_{зв} = \frac{1,27}{2,1} \cdot 100 = 106,066 \text{ А.}$$

Отже, беремо зварювальний струм величиною 106 А.

Швидкість подачі дроту розраховується за формулою [5,с.212]:

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

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

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

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу дроту, яка розраховується за формулою:

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1,0^2}{4} \approx 0,79 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$V_{п.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 106}{0,79 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 207,74 \text{ м/год.}$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість подачі зварювального дроту $V_{п.д.}=207$ м/год.

Напруга на дузі розраховується за формулою [4, с.194]:

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 106}{1000 \cdot \sqrt{1,0}} = 25,3 \pm 1 \text{ В.}$$

Приймаємо $U_d=25$ В.

Швидкість зварювання розраховується за формулою [4, с.194]:

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

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра зварювального дроту, в даному випадку для $d_e = 1,0$ мм – $A=1,5 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{зв} = \frac{1,5 \cdot 10^3}{106} = 14,15 \text{ м/год.}$$

Встановлюємо $V_{зв}=14$ м/год.

Діаметр зварювального дроту розраховується за формулою [4, с.193]:

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

де γ – допустима густина електричного струму, для дроту діаметром 1,0 мм $\gamma=75...300$ А/мм² [4, с.193],

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{106}{150}} = 0,95 \text{ мм},$$

що знаходиться в межах допуску.

Виліт зварювального дроту встановлюється $l_d = 14$ мм [6, с.103].

Витрати захисної суміші $Q_r = 9$ л/хв [6, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

Назва параметру	Величина
Сила зварювального струму, А	106
Напруга на дузі, В	25
Діаметр зварювального дроту, мм	1,0
Виліт дроту, мм	14
Швидкість зварювання, м/год	14
Швидкість подачі зварювального дроту, м/год	207
Витрати захисної суміші, л/хв	9

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Виконання процесу зварювання при виготовленні теплообмінного апарату відбувається механізованим способом. Отже, для цього процесу буде застосовуватися зварювальний напівавтомат французького виробника GYS NEOPULSE 220 C XL, що показаний на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Зварювальний напіваавтомат GYS NEOPULSE 220 C XL цифровий однофазний імпульсний [7]

Цифровий NEOPULSE 220 C XL - це однофазне імпульсне джерело живлення MIG/MAG. Синонім надпродуктивності та високих технологій, воно вирізняється численними синергетичними кривими і винятковою динамікою дуги. Інтуїтивно зрозумілий і високофункціональний цифровий інтерфейс спрощує налаштування параметрів зварювання. Оснащений точною 4-роlikовою системою подачі дроту, NEOPULSE 220 C XL забезпечує виробникам максимальну продуктивність [7].

GYS NEOPULSE 220 C XL є розумним пристроєм: досить вказати 2 параметри (матеріал/газ і діаметр дроту) і NEOPULSE автоматично визначить оптимальні параметри зварювання і дасть можливість їх відкоригувати (швидкість подачі дроту, напруга, струм, довжина дуги) [7].

Дане зварювальне обладнання є досить точним, що дозволяє виконувати [7]:

- калібрування швидкості обертання котушки двигуна для налаштування відображуваного вимірювання напруги й уточнення розрахунку енергії;
- енергія, відображення і розрахунок енергії після зварювання відповідно до стандартів EN1011-1, ISO/TR 18491 і QW-409;
- портативність: завантаження/збереження користувацьких JOBS і конфігурації машини з USB-носія;
- спостережливість: відстеження/запис усіх етапів зварювання, намистина за намистиною, під час промислового виробництва відповідно до стандарту EN ISO 3834 [7].

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювальний напівавтомат GYS NEOPULSE 220 C XL має оптимізовані налаштування MIG/MAG [7]:

- 6 режимів зварювання MIG-MAG: стандартний динамічний, стандартний ударний, стандартний кореневий, імпульсний, модульний і ручний;
- режими прихоплювань: SPOT і DELAY;
- управління тригером: 2T і 4T;
- точне керування зварювальним циклом: CreepSpeed, Softstart, Hotstart, Upslope, Downslope, Crater Filler, Postgaz тощо [7].

Дане зварювальне обладнання дозволяє забезпечити максимальну продуктивність процесу [7]:

- 4 мікропроцесори збільшують швидкість розрахунку в 10 разів і оптимізують ефективність генератора;
- висока продуктивність завдяки високому робочому циклу (150 А ПВ 60%);
- сумісна котушка дроту: $\varnothing$ 200-300 мм;
- потужний 4-роликовий двигун-моталка для ефективного розмотування;
- дуже висока напруга дуги для легкого запуску та виняткової динаміки дуги [7].

Імпульсний зварювальний напівавтомат GYS NEOPULSE 220 C XL має високі показники ергономічності, а саме [7]:

- 1) новий, спрощений інтерфейс, орієнтований на потреби зварювальників;
- 2) повне оновлення апарата і синергії через USB-носій;
- 3) 500 збережених програм зварювання (можуть бути збережені на USB-носій);
- 4) відображення струму/напруги під час і після зварювання (DMOS/QMOS);

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) вибір основного параметра, що відображається на екрані (швидкість подачі дроту, середній зварювальний струм тощо);

6) інтелектуальне управління вентиляцією для зниження енергоспоживання, пиловидалення і шуму апарату;

7) сумісність із пальником Push-Pull (24 В) [7].

Технічні характеристики зварювального напівавтомату представлені у таблиці нижче.

Таблиця 2.3- Технічні характеристики зварювального напівавтомату GYS NEOPULSE 220 С XL [7]

Напруга мережі, В	230
Частота мережі, Гц	50/60
Сумісний генератор, кВА	7,5
Коефіцієнт корисної дії (MIG-MAG)	150 А – 60%, 130 А – 100%
Коефіцієнт корисної дії (MMA)	150 А – 60%, 120 А – 100%
Коефіцієнт корисної дії (TIG)	160 А – 60%, 150 А – 100%
Номінальна сила струму, А	16
Напруга холостого ходу, В	80
Межі регулювання зварювального струму, А	10-220
Діаметр порошкового дроту, мм	0,9-1,2
Діаметр дроту (MIG-MAG), мм	0,6-1,2
Діаметр електрода (MMA), мм	1,0-5,0
Швидкість подачі зварювального дроту, м/хв	0,5 – 20
Клас захисту	IP23S
Габаритні розміри, мм	610x320x490
Вага, кг	29,5

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Виготовлення теплообмінного апарату повинно відбуватись згідно схем ефективного управління якістю, тому контроль проводиться на всіх стадіях технологічного процесу виготовлення конструкції. Контроль проектної документації і самих проектів повинен бути передбачений у відповідних організаціях. При цьому важливо брати до уваги, що помилки на стадії проектування обходяться в сотні, тисячі разів дорожче порівняно з виробничими дефектами. Має важливе місце додаткове вкладання засобів для виконання високоякісного проекту, чим виправляти наслідки цих недоробок. Тому ці фактори повинні бути враховані проектантами та ретельно контролюватись в процесі виробництва [8, с. 14].

Контроль вхідних матеріалів (основного металу, зварювального дроту, захисних газів і т. п.) повинен задовольняти вимоги нормативно-технічної документації і сертифікатів. Якщо немає гарантії виробників або якості вхідних матеріалів викликає підозру, то їх додатково перевіряють на відповідність нормативно-технічній документації і стандартам. Якість і зварюваність матеріалів перевіряють в двох випадках [8, с. 14]:

- 1) при виборі матеріалів і розробленні технології зварювання, тобто при підготовці виробництва на стадії проекту;
- 2) при запуску матеріалів у виробничий цикл, тобто при технологічній підготовці виробництва.

Остання перевірка пов'язана з можливими відхиленнями якості основного металу та зварювального дроту від сертифікаційних значень. Ці відхилення можуть різко погіршити зварюваність металу [8, с. 14].

Технічний рівень і стан обладнання потрібно підтримувати в заданих межах, виконуючи графік технічного обслуговування та вимог відповідних інструкцій. В зварювальних апаратах перевіряються справність регулювальних механізмів, наявність приладів, якість і довжину струмопровідних кабелів, стан електричних контактів і струмопровідних

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мундштуків. В установках для зварювання в захисних газах перевіряють справність газових редукторів, витратомірів, рукавів, сопел пальників і газозахисних пристосувань та ін. [8, с. 14-15].

Якість підготовки і складання заготовок під зварювання перевіряють зовнішнім оглядом та обмірюванням. Технічно це відносно прості контрольні операції. Однак їх недооцінка може призвести до появи небезпечних зварювальних дефектів. Недопустимі великі або нерівномірні зазори, випуклість, вм'ятини, неправильні кути розроблення кромek, їх окисленість, забрудненість і т. п. Для вимірювання зазорів, кутів розроблення кромek використовують лінійки, а також спеціальні та універсальні шаблони [8, с. 15].

Згідно розробленого технологічного процесу виготовлення теплообмінного апарату для проведення контролю якості буде використовуватись метод зовнішнього контролю, який широко застосовується завдяки своїй простоті та раціональності.

Зварні з'єднання мають різні дефекти. Тому для їх виявлення використовується відповідно зовнішній огляд із додатковим застосуванням оптичних засобів. Крім цього зварна конструкція повинна бути герметичною, тому для виявлення можливих пропускaнь, теплообмінний апарат додатково наповнюється стиснутим повітрям під тиском і витримується протягом певного проміжку часу. Якщо тиск повітря в ньому спадає, то це означає, що у певному місці присутній дефект, в основному це зварні шви, який потрібно визначити, вирізати і додатково заварити, якщо це є можливим і дозволяє технологія.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Важливим чинником в процесі виготовлення теплообмінного апарату є відповідність всіх технологічних операцій його виготовлення нормативно-

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкторській документації. Всі необхідні роботи, які потрібно виконати при виготовленні теплообмінного апарату будуть описуватись нижче.

2.6.1 Заготівельні операції

Теплообмінний апарат складається із двох труб діаметрами 218 і 106 мм, двох фланців і двох патрубків $\varnothing 32$ мм.

На самому початку відбувається очищення металопрокату, для цього буде використовуватися пересувна пікоструминна камера Unicraft MSSG 105 A [9], яка зображена на рисунку 2.3.

Операції розмічування труб і патрубків буде виконуватися за шаблоном. А от для їх вирізання буде задіяний абразивний відрізний верстат JET JCOM-400T [10], що зображено на рисунку 2.4. Крім того, для вирізання отворів у обичайці – трубі більшого діаметру, буде використаний плазморіз PATON StandardCUT-100-400V P-80 [11], вигляд якого показано на рисунку 2.5.



Рисунок 2.3 – Пересувна пікоструминна камера Unicraft MSSG 105 A [9]



Рисунок 2.4 – Абразивний відрізний верстат JET JCOM-400T [10]

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – Плазморіз PATON StandardCUT-100-400V P-80 [11]

Однією із найскладніших заготовок є фланці, однак вони круглої форми, тому для їх виготовлення буде застосовуватися токарно-гвинторізний верстат типу FDB Maschinen TURNER 250x550V [12], як показано на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Токарно-гвинторізний верстат типу FDB Maschinen TURNER 250x550V [12]

2.6.2 Складальні операції

До складальних відноситься комплекс робіт, завданням яких є правильне встановлення, фіксація та закріплення деталей у проектному положенні, що відповідає складальному кресленні конструкції. Також потрібно виконувати складання із певними зазорами, тому що при виконанні наступної операції зварювання виникатимуть стягуючі сили, які спричиняють появу напружень і

					<i>KP.422.03.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деформацій. Це може негативно вплинути на правильність геометричних розмірів та конфігурації конструкції.

Ці операції проводяться із використанням спеціальних пристосувань, які комплектуються всіма необхідними механізмами для забезпечення надійності закріплення деталей та зручності проведення складання.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Виготовлення теплообмінного апарату супроводжується виконанням наступних складально-зварювальних робіт:

- 1) встановити фланці до торців внутрішньої труби на складальному пристосуванні в проектне положення, зафіксувати та закріпити їх за допомогою притискачів;
- 2) виконати прихоплення і подальше зварювання цієї складальної одиниці;
- 3) помістити дану складальну одиницю всередину обичайки – труби більшого перерізу, закріпити їх та виконати прихоплення і подальше зварювання кільцевими швами з двох сторін;
- 4) у сформовані отвори зовнішньої обичайки встановити два патрубки по черзі з протилежних сторін, виконати їх фіксацію, прихоплення і подальше зварювання вже готової конструкції;
- 5) відпустити притискачі та звільнити готову зварену конструкцію із складального пристосування.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Спосіб напіваавтоматичного зварювання у захисному газі характеризується розбризкуванням електродного металу, що викликає як забруднення основного металу, так і самого обладнання. Тому потрібно виконати деякі роботи для того, щоб видалити залишки цього закристалізованого металу. Опоряджувальні операції виконуються із

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використанням захисних окулярів Dnipro-M Worker прозорих, слюсарних молотків Stroxx 500 г, зубил Sigma SDS-max 250 мм та кутових шліфувальних машин Sturm AG9012TL, вигляд якої показаний на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Кутова шліфувальна машина Sturm AG9012TL [13]

2.6.5 Допоміжні операції

В якості допоміжних операцій, які виконуються при виготовленні теплообмінного апарату відносяться роботи по налагодженню технологічного устаткування, а також різноманітні операції без яких неможливий нормальний технологічний процес виготовлення виробу. Це встановлення заготовок, деталей на відповідному обладнанні та розвантаження вже готових виробів і їх доставка до певних місць виробничого циклу.

2.6.6 Контроль якості

Контроль якості застосовується на всіх етапах технологічного процесу виготовлення теплообмінного апарату, що в свою чергу поділяється на наступні види:

- 1) вхідний контроль – перевірка якості застосовуваних матеріалів та обладнання;
- 2) операційний контроль – перевірка правильності виконання технологічних операцій процесу виготовлення;
- 3) кінцевий контроль – перевірка якості готової продукції.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також для якісного забезпечення технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій здійснюється контроль кваліфікації персоналу, для визначення відповідності виконання робіт, які виконуються цими людьми.

Власне для контролю якості теплообмінного апарату використовуються одночасно два методи: зовнішній огляд та випробування конструкції на герметичність.

Останній метод здійснюється завдяки наповненню теплообмінного апарату стисненим повітрям під тиском і його витримкою протягом декількох хвилин. Для створення тиску повітря всередині апарату використовується повітряний компресор ремінного типу Stanley 2,2 кВт 100 л В345, який показаний на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Компресор ремінний Stanley 2,2 кВт 100 л В345м [14]

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

Виготовлення теплообмінного апарату відбувається методом напіваавтоматичного зварювання у захисному газі, тому основними витратами в даному технологічному процесі, які підлягають нормуванню буде використання зварювального дроту і захисного газу. Оскільки спосіб зварювання є електродуговим, то визначатимуться також витрати електроенергії.

Для отримання відповідних значень застосовуватимуться формули, які представляються стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [15].

Маса наплавленого металу визначається за формулою [15,с.6]:

$$Q_H = \alpha_H \cdot I_{зв} \cdot l_{ш}, \quad (2.12)$$

де α_H – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_H=11$ г/Атод;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=106$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=2,2$ м.

Тому:

$$Q_H = 11 \cdot 10^{-3} \cdot 106 \cdot 2,2 = 2,57 \text{ кг.}$$

Витрати присаджувального матеріалу визначаються за формулою [15,с.7]:

$$H_{ел} = Q_p + Q_{нп}, \quad (2.13)$$

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 2,57 \cdot 0,7 = 1,8 \text{ кг,}$$

$Q_{нп}$ – маса наплавленого металу,

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

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$Q_{\text{нп}} = 2,57 \cdot 0,5 = 1,28 \text{ кг.}$$

Тоді:

$$H_{\text{ел}} = 1,8 + 1,28 = 3,08 \text{ кг.}$$

Норми витрат захисного газу визначаються за формулою [15,с.10]:

$$H_{\Gamma} = Q_{\text{р}} \cdot K_{\Gamma}, \quad (2.16)$$

де K_{Γ} – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту, $K_{\Gamma}=0,85\dots 0,9$;

$$H_{\Gamma} = 1,8 \cdot 0,9 = 1,62 \text{ кг.}$$

Витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу визначаються за формулою:

$$E = \frac{U_{\text{д}}}{\alpha_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot K_{\text{н}}}, \quad (2.17)$$

де $U_{\text{д}}$ напруга на дузі, В;

$\eta_{\text{н}}$ – коефіцієнт корисної дії, %;

$K_{\text{н}}$ – коефіцієнт корисної дії джерела дуги, $K_{\text{н}}=0,75$;

$$E = \frac{25}{11 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 3,37 \text{ кВт.}$$

Витрати електроенергії на 1 м шва визначаються за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_{\text{д}} \cdot I_{\text{зв}} \cdot t_0}{\eta_{\text{н}} \cdot K_{\text{н}}}, \quad (2.18)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,071$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 25 \cdot 106 \cdot 0,071}{0,9 \cdot 0,75} = 2,79 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Виготовлення зварних конструкцій повинно виконуватись згідно розробленого технологічного процесу із забезпеченням правильного розташування деталей конструкції та створення сприятливих умов для протікання якісного процесу зварювання. Це можливо досягнути за рахунок використання технологічного устаткування та пристосувань.

Цим устаткуванням можна виконувати технологічні операції, що стосуються встановлення, закріплення та переміщення деталей, обертання їх зі швидкістю зварювання, встановлення і переміщення зварювального обладнання, а також зварювальників, скіс кромки та зачищення торців деталей і зварних швів.

В технологічному процесі виготовлення зварної конструкції використовується як основне обладнання, так і допоміжне, яке сприяє підвищенню продуктивності праці, а також покращує загальну якість конструкцій.

Технологічні пристосування, які використовуються для виготовлення зварних конструкцій бувають:

- складальними, використовуються для складання і фіксації деталей для подальшого зварювання із використанням прихоплювальних операцій, а також притискних механічних пристроїв;
- зварювальними, на цих пристосуваннях виконуються тільки зварювальні операції, тому конструкція повинна бути складена і зафіксована заздалегідь;
- складально-зварювальними, на цих пристосуваннях можна проводити складання і зварювання, як окремих складальних одиниць, так і конструкцій в загальному.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На вибір типу технологічних пристосувань впливає виробнича програма (одиничне чи серійне виробництво), вид зварної конструкції (балка, рама, кузов, резервуар та ін.), точність проведення заготівельних робіт (обробка механічними або термічними методами різання), технологія виконання складальних і зварювальних робіт (допустимі геометричні та площинні відхилення і ін.).

Технологічний процес складання та зварювання виробу включає операції складання і зварювання окремих вузлів та виробу в цілому. В залежності від складності зварного виробу здійснюють його розчленування на складальні одиниці, що дозволяє застосовувати прогресивну технологію складання та зварювання на основі модернізації існуючої, застосування стандартної та розроблення нової технологічної оснастки. По конструктивному оформленню та за характером використання складально-зварювальну оснастку поділяють на універсальну, спеціалізовану та спеціальну [16, с.16].

Призначення складально-зварювальної оснастки зводиться до наступного:

- 1) збереження з необхідною точністю габаритів, геометричної форми та взаємного розміщення деталей і вузлів виготовлюваних зварних конструкцій;
- 2) зменшення обсягу ручних робіт при складанні та зварюванні виробів;
- 3) підвищення продуктивності праці;
- 4) зменшення трудомісткості робіт;
- 5) скорочення тривалості виробничого циклу;
- 6) полегшення умов праці за рахунок механізації ручних робіт;
- 7) використання менш кваліфікованої робочої сили;
- 8) зменшення вартості виготовлюваних зварних конструкцій;
- 9) розширення технологічних можливостей зварювального устаткування;
- 10) підвищення якості зварних виробів та забезпечення їх взаємозамінності;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11) підвищення рівня комплексної механізації та автоматизації виробництва зварних конструкцій [16, с.16].

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Процес складання теплообмінного апарату передбачає виконання переміщення і подачі деталей до місця складання, які в подальшому сформують зварну конструкцію. Потім відбувається їх встановлення у відповідному положенні, яке відповідає кресленню. Далі проходить їх закріплення та виконання зварювання.

Для того, щоб доставити деталі до місця, а також подати їх в пристосування використовується універсальне або спеціальне транспортне обладнання. Для задання деталям правильного проектного положення використовуються установчі елементи пристосувань або суміжні вже закріплені деталі. Для закріплення використовуються різного роду притискачі, типи яких залежать від конфігурації складальної конструкції.

Для виконання операції складання і зварювання, в технологічному процесі виготовлення теплообмінного апарату, використовуються роликові позиціонери PRB-600. Складання полягає у встановленні деталей на спеціальну наладку – плиту з фіксаторами, а в подальшому їх положення та орієнтування фіксується спеціальними притискачами. Вигляд роликового позиціонера PRB-600, який використовується в технологічному процесі виготовлення теплообмінного апарату показано на рисунку 3.1.

Суть виконання складально-зварювальних операцій, при виготовленні теплообмінного апарату, полягає в наступному:

1) встановити фланці до торців внутрішньої труби на складальному пристосуванні в проектне положення, зафіксувати та закріпити їх за допомогою притискачів;

2) виконати прихоплення і подальше зварювання цієї складальної одиниці;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3) помістити дану складальну одиницю всередину обичайки – труби більшого перерізу, закріпити їх та виконати прихоплення і подальше зварювання кільцевими швами з двох сторін;

4) у сформовані отвори зовнішньої обичайки встановити два патрубки по черзі з протилежних сторін, виконати їх фіксацію, прихоплення і подальше зварювання вже готової конструкції;

5) відпустити притискачі та звільнити готову зварену конструкцію із складального пристосування.

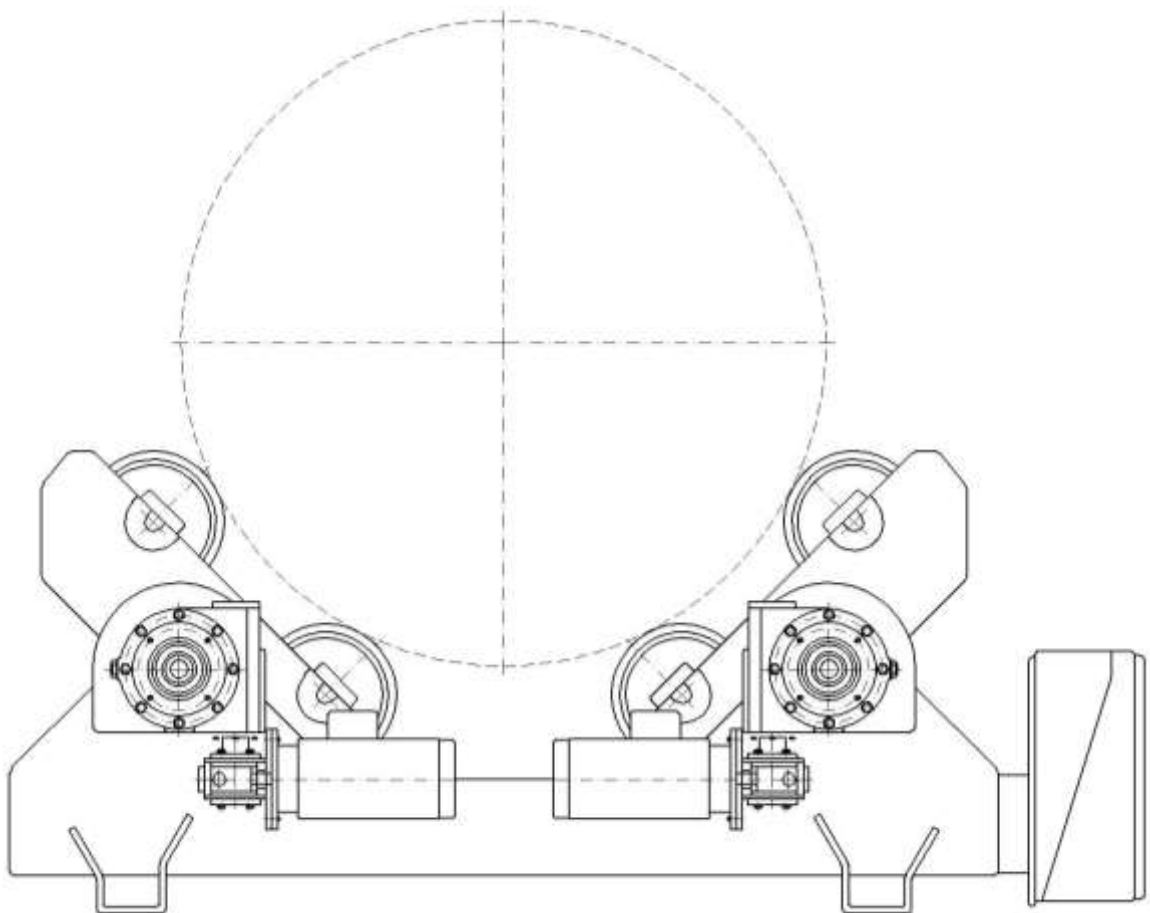


Рисунок 3.1 – Роликовий позиціонер PRB-600

Основною функцією позиціонера PRB-600 є забезпечення обертання-кантування виробу у зручне для зварювання положення. Тобто за рахунок

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

оберткових рухів забезпечується виконання швів у нижньому положенні завжди. Основний обертальний рух позиціонера задає привідна роликоопора, а холоста виконує підтримуючу функцію. Виконання позиціонера забезпечує обертання-позиціонування виробу відносно горизонтальної осі. Конструктивні особливості та вигляд привідної роликоопори зображено на рисунку 3.2.

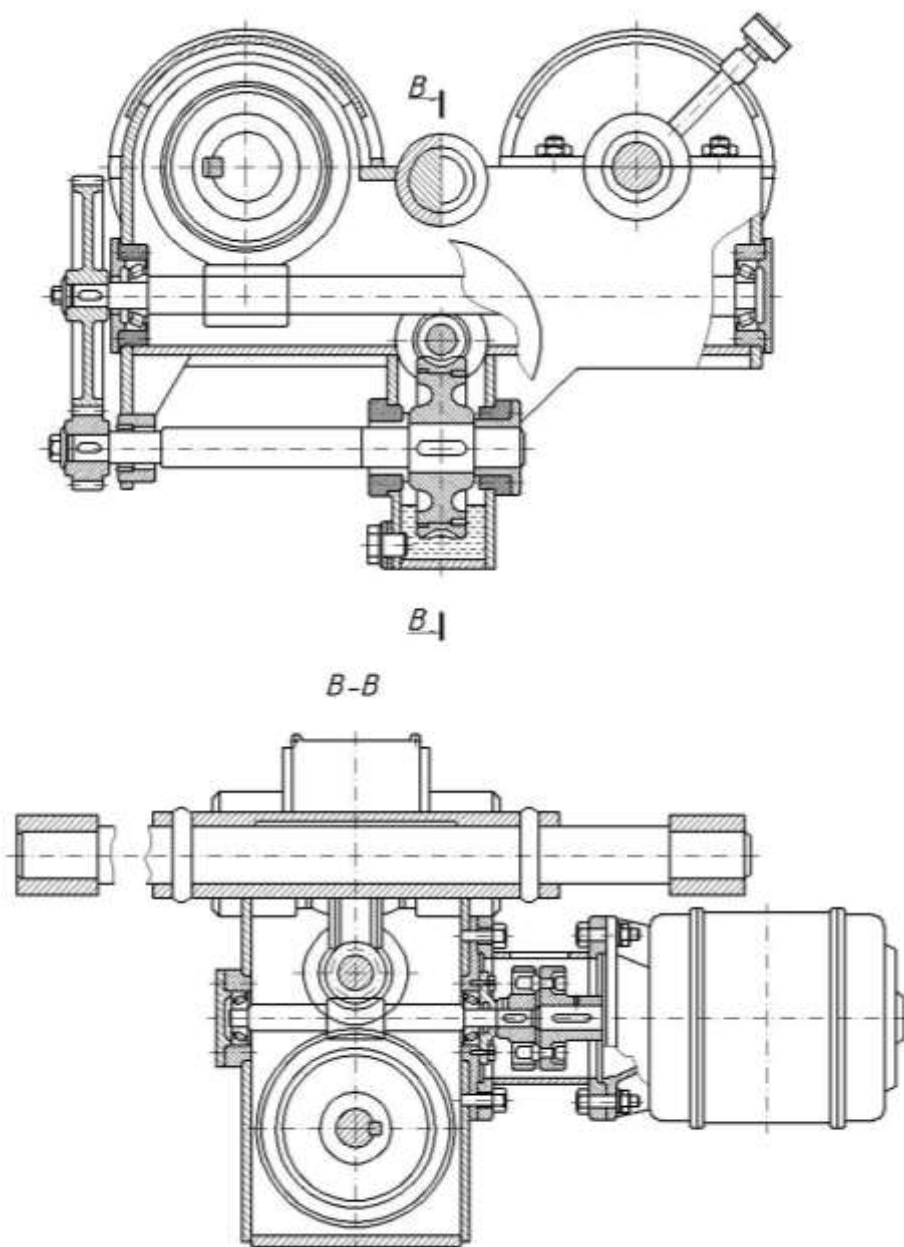


Рисунок 3.2 – Роликоопора привідна

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

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 теплообмінного апарату

Показник	Одиниці вимірю- вання	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габаритні розміри виробу	мм	1055хø218	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст4сп	кг	83	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	1,62	
захисний газ (суміш МІХ-1 – Ar 82% +CO ₂ 18%)	м ³	3,1	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	1,8	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст4сп	грн	44,0	43,80
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	130	129,75
захисний газ (суміш МІХ-1 – Ar 82% +CO ₂ 18%)	грн	26,5	26,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	9	

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення теплообмінного апарату

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заготівельні	$\frac{3}{П}$	Піск. камера Unicraft MSSG 105A,	19500	4,2	окуляри зах. Dnipro-M Worker	315	IV	$\frac{4,5}{4,3}$
		відрізний верстат JET JCOM-400T	24000					
Металообробні	$\frac{3}{П}$	Плазморіз PATON StandardCUT-100 -400V P-80,	56000	2,5	молоток	150	IV	$\frac{4,6}{4,5}$
		токарно-гвинторізний верстат FDB Maschinen TURNER	100000					
Складання	$\frac{3}{П}$	Роликовий позиціонер PRB-600	130000	2,1	молоток	150	IV	$\frac{5,7}{4,9}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зв. напівавт. GYS NEOPULSE 220 C XL	195000	1,6			IV	$\frac{4,7}{4,4}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Sturm AG9012TL	3440	1	окуляри зах., щітка дискова, зубило	315 295 180	III	$\frac{4,4}{3,5}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Компресор Stanley 2,2 кВт 100 л B345M	33000	2,2	лупа	305	VI	3,0
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Лебідка елект. KRAISSMAN N KCD 1000	17000	1			IV	1,9

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 26,9;

по проекту 24,6;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,9;

по проекту 1,9.

Загальна штучна норма часу: по заводу 28,8;

по проекту 26,5.

Для виготовлення теплообмінного апарату застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [17, с.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

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

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

Розрахунок проводять за формулою [17, с.10]:

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=5,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 6100 шт.$

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні теплообмінного апарату становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,83 \approx 3 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,3 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,7 \approx 3 шт.$$

Для виконання металообробних операцій кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,6 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,89 \approx 3 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,83 \approx 3 шт.$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,7 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 3,58 \approx 4 шт.,$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,9 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 3,08 \approx 3 \text{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,7 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,95 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,77 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,77 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,2 \approx 2 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{3,0 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 1,89 \approx 2 \text{шт.}$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [17, с.12]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 6100 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$$n = \frac{6100 \cdot 1 \cdot 0,3}{2100 \cdot 0,7} = 1,24 \approx 1 \text{ шт.}$$

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

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [17, с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_{i=1}^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \quad (4.4)$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 $B_{np} = 6100$ шт;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 5,1 \dots 5,2$;

Необхідна кількість заготівельників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,5}{1850 \cdot 5,1} = 2,9 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,3}{1850 \cdot 5,1} = 2,78 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість верстатників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,6}{1850 \cdot 5,1} = 2,97 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,5}{1850 \cdot 5,1} = 2,9 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість складальників:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 5,7}{1850 \cdot 5,1} = 3,69 \approx 4 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,9}{1850 \cdot 5,1} = 3,17 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,7}{1850 \cdot 5,1} = 3,04 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,4}{1850 \cdot 5,1} = 2,84 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,4}{1850 \cdot 5,1} = 2,84 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 3,5}{1850 \cdot 5,1} = 2,26 \approx 2 \text{чол}.$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 3,0}{1850 \cdot 5,1} = 1,94 \approx 2 \text{чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 1$ 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:				
заготівельники	3	3	IV	IV
верстатники	3	3	IV	IV
складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	26	24	—	—

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 прејскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн						
					на один виріб		на програму				
3/П	Сталь Ст4сп	кг	44	43,8	3652	3635,4	22277200	22175940			
3/П	Зв. дрiт Св-08Г2С	кг	130	129,75	210,6	210,2	1284660	1282189,5			
3/П	Захисна сумiш MIX-1 – Аг 82% +CO ₂ 18%	кг	26,5	26,25	82,15	81,38	501115	496387,5			
Р- ом					3944,75	3926,97	24062975	23954517			
В- нт	Транспортно- заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	% ц. куп.	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
3/П	5	2,2	2,19	182,6	181,77	1113860	1108797	9	9	54900	54900
3/П	5	6,5	6,49	10,53	10,51	64233	64109,48				
3/П	5	1,33	1,31	4,11	4,07	25055,75	24819,38				
Р- ом		10,03	9,99	197,24	196,35	1203148,75	1197725,85	9	9	54900	54900

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 [17, с.18]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [17, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [17, с.18]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [17, с.18]:

$$Z_{по} = Z_{oo} \cdot P, \quad (4.7)$$

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 заготівельників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 6,8 \cdot 8,5 \cdot 4,5 = 260,1 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 260,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 91,04 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 260,1 \cdot 0,4 = 104,04 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 6,8 \cdot 8,5 \cdot 4,3 = 248,54 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 248,54 \cdot (0,2 + 0,15) = 86,99 \text{ грн};$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 248,54 \cdot 0,4 = 99,42 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці верстатників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5,3 \cdot 10,5 \cdot 4,6 = 255,99 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 255,99 \cdot (0,2 + 0,15) = 89,6 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 255,99 \cdot 0,4 = 102,4 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5,3 \cdot 10,5 \cdot 4,5 = 250,43 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 250,43 \cdot (0,2 + 0,15) = 87,65 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 250,43 \cdot 0,4 = 100,17 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,3 \cdot 8,5 \cdot 5,7 = 305,24 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 305,24 \cdot (0,2 + 0,15) = 106,83 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 305,24 \cdot 0,4 = 122,09 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,3 \cdot 8,5 \cdot 4,9 = 262,4 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 262,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 91,84 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 262,4 \cdot 0,4 = 104,96 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6 \cdot 10,5 \cdot 4,7 = 296,1 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 296,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 103,64 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 296,1 \cdot 0,4 = 118,44 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6 \cdot 10,5 \cdot 4,4 = 277,2 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 277,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 97,02 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 277,2 \cdot 0,4 = 110,88 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 9,5 \cdot 4,4 = 313,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 313,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 109,73 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 313,5 \cdot 0,4 = 125,4 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 9,5 \cdot 3,5 = 249,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 249,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 87,28 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 249,38 \cdot 0,4 = 99,75 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 7,3 \cdot 12,5 \cdot 3,0 = 273,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 273,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 95,81 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 273,75 \cdot 0,4 = 109,5 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 12,5 \cdot 11 \cdot 1,9 = 261,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 261,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 91,44 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 261,25 \cdot 0,4 = 104,5 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [17, с.19]:

$$З_{\text{од}} = r_{\text{д}} \cdot C_{\text{р}} \cdot \Phi_{\text{еф}}, \quad (4.8)$$

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

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

$C_{\text{р}}$ - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{од} = 2 \cdot 30,5 \cdot 1850 = 112850 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 112850 \cdot 0,35 = 39497,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 112850 \cdot 0,4 = 45140 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 30,5 \cdot 1850 = 112850 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 112850 \cdot 0,35 = 39497,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 112850 \cdot 0,4 = 45140 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 30,5 \cdot 1850 = 56425 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 56425 \cdot 0,35 = 19748,75 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 56425 \cdot 0,4 = 22570 \text{ грн}.$$

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 [17, с.19]:

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

де $З_{он}$ - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

$$З_{оп} = 1 \cdot 8100 \cdot 12 = 97200 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 97200 \cdot 0,35 = 34020 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 97200 \cdot 0,4 = 38880 \text{ грн}.$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Затрати по оплаті праці МОП:

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

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

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

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
заготівельники	197415,9	188641,9	69095,57	66024,65	78966,36	75456,74
верстатники	194296,4	190072,6	68003,74	66525,4	77718,56	76029,03
складальники	308897,8	199157,8	108114,24	69705,23	123559,1	79663,12
зварювальники	224739,9	210394,8	78658,97	73638,18	89895,96	84157,92
зачищувальники	237946,5	126183,8	83281,28	44164,31	95178,6	50473,5
контролери	138517,5		48481,13		55407	
транспортувальники	66096,25		23133,69		26438,5	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	112850		39497,5		45140	
ремонтники	112850		39497,5		45140	
електрики	56425		19748,75		22570	
ІТР	97200		34020		38880	
МОП	96000		33600		38400	
Разом	1843235,28	1594389,54	645132,35	558036,34	1188852,86	1089314,57

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	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:	3944,75	3926,97
Сталь Ст4сп	3652	3635,4
зварювальний дріт Св-08Г2С	210,6	210,2
захисна суміш МІХ-1 (Аг 82% +СО ₂ 18%)	82,15	81,38
Поворотні відходи	9	
Паливо та енергія на технологічні цілі	140	139,7
Основна заробітна плата основних робітників	224,25	183,45
Додаткова заробітна плата основних робітників	78,49	64,21
Премії та надбавки основних робітників	89,7	73,38
Відрахування на соціальне страхування	5,49	4,5
Відрахування на медичне страхування	9,81	8,03
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	124,88	124,88
Цехові (дільничні) витрати	85,52	85,52
Всього цехова собівартість	4693,89	4601,64

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.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
заготівельне	3	3	43500	43500	2175	2175
металообробне	2	2	156000	156000	7800	7800
складальне	4	3	130000	130000	7500	7500
зварювальне	3	3	195000	195000	9750	9750
зачищувальне	3	2	3440	3440	172	172
контрольне	2	2	33000	33000	1650	1650
транспортне	1	1	17000	17000	850	850
Інструменти:						
молоток	9	8	150	150	7,5	7,5
зубило	7	5	180	180	9	9
захисні окуляри	3	2	315	315	15,75	15,75
щітка	3	2	295	295	14,75	14,75
збільшувальна лупа	2	2	305	305	15,25	15,25
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	4725000	4725000	5	236250	236250
Устаткування:					
заготівельне	132675	132675	8	10614	10614
металообробне	319800	319800	8	25584	25584
складальне	526500	396500	7	36855	27755
зварювальне	594750	594750	6,5	38658,75	38658,75
зачищувальне	10492	7052	8	839,36	564,16
контрольне	67650	67650		4735,5	4735,5
транспортне	17850	17850	7	1249,5	1249,5
Інструменти:			16		
молоток	1357,5	1207,5		217,2	193,2
зубило	1269	909		203,04	145,44
захисні окуляри	960,75	645,75		153,72	103,32
щітка	899,75	604,75		143,96	96,76
збільшувальне лупа	625,25	625,25		100,04	100,04
Разом	6399829,25	6265269,25		355604,07	346049,67

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [17, с.27]:

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

де $C_{nз}$ - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nз} = 6484,81$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 6299,78$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{мз} = 4693,89$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 4601,64$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((6484,81 + 0,15 \cdot 4693,89) - (6299,78 + 0,15 \cdot 4601,64)) \cdot 6100 = 1213091,75 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [17, с.28]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 34676975$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 33989200$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [17, с.28]:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E_{yp} = 6100 \cdot (6484,81 - 6299,78) = 1128683 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{34676975 - 33989200}{1128683} = 0,61 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	6100	6100
Кількість технологічного устаткування	шт	14	12
Собівартість товарної продукції	грн	6484,81	6299,78
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	26	24
- основних робітників	чол	19	17
Фондомісткість продукції	грн/шт	4693,89	4601,64
Умовна річна економія	грн	-	1128683
Річний економічний ефект	грн	-	1213091,75
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,61
Місячний оклад основних робітників:			
- заготівельники	грн	9558,68	9133,85
- верстатники	грн	9407,63	9203,12
- складальники	грн	11217,39	9643,02
- зварювальники	грн	10881,68	10187,1
- зачищувальники	грн	11521,13	9164,53
- контролери	грн	10060,31	10060,31
- транспортувальники	грн	9600,94	9600,94

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Норми і правила безпеки зварювальника

Техніка безпеки при зварювальних роботах – це сукупність норм і правил, яких необхідно дотримуватися по відношенню до зберігання матеріалів, користуванню устаткуванням, зварювального процесу і одягу майстра. Зварювання має високий рівень небезпеки з двох причин. По-перше, більшість процесів ведуться відкритим вогнем, по-друге при багатьох видах зварювання застосовуються гази у балонах. Розглянемо базові і додаткові правила і вимоги безпеки при виконанні з'єднання деталей. Охорона праці при використанні зварювальних агрегатів забезпечується підприємством-працедавцем, а вимоги безпеки – при зварювальних роботах [18].

Окрім техніки безпеки при зварювальних роботах, треба дотримуватися правил зберігання і експлуатації матеріалів по зварюванню і устаткування. Основні елементарні вимоги до устаткування та його комплектуючих [18]:

1. Генератори при роботі із зварюванням треба встановлювати так, щоб вони не падали, не хиталися і не ударилися про наближені техніки, що стоїть. Генератори без водяного затвора застосовувати у дії строго заборонено. Він повинен знаходитися строго вертикально і обов'язково в робочому стані. Техніка безпеки зі зварювальним устаткуванням “говорить” про те, що використовуючи його при температурі нижче нуля, важливо проконтролювати стан води. Якщо вона замерзла, спочатку необхідно шланг і водяний затвор відігріти, а потім використовувати.

2. Рукави мають бути не менше 20 метрів довжини. Для монтажу можна використовувати рукави до 40 метрів. Під'єднувати різні пристосування для живлення декількох пальників суворо заборонено. Основні вимоги до рукава – це його цілісність і справність. При газовому зварюванні не можна міняти місцями рукави, призначені для подання кисню і ацетилену. Вони мають бути щільно закріплені на редукторі і пальнику за допомогою хомутів або дроту.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Складаючи їх, слід пам'ятати норми для зберігання зварювальних матеріалів, по яких рукави складаються кільцями так, щоб не переламувалися і придавлювалися.

Основні вимоги безпеки при зварювальних роботах [18]:

- в якості основного правила безпеки при з'єднанні металу, між балоном з газом і генератором треба дотриматися відстані не менше п'яти метрів;
- при тривалій обробці металу рукави треба підвішувати, щоб уникнути їх ушкодження;
- при роботі зі зварювальним устаткуванням в приміщеннях, де є інші установки або люди, необхідно захищати зварювальний простір, щоб захистити їх від опіків;
- техніка безпеки при роботі із зварювальним агрегатом з використанням газів: спочатку треба трохи відкрити вентиль з киснем, потім з ацетиленом (щоб продути рукав), а потім вже здійснювати підпал. При забрудненому пальнику можуть виникнути хлопання і розбризкування матеріалів;
- заборонено користуватися газом в масляному середовищі. Також треба уникати зворотного удару, який може виникнути, якщо наконечник пальника замаслений. Якщо полум'я починає рухатися у зворотному напрямі, необхідно відразу перекрити вентилі, щоб уникнути вибуху. При аргонодуговому зварюванні треба дотримуватися чистоти устаткування, щоб в зварювальний процес не потрапило мастило.

5.2 Розрахунок виробничого штучного освітлення

Згідно попередніх розрахунків діляниці отримано наступні параметри: площа діляниці – $S=460,7\text{м}^2$; ширина приміщення приймається згідно норм розташування обладнання між колонами $a=24\text{м}$; довжина приміщення – $b=19,5\text{м}$; висота приміщення $H=4,5\text{м}$. Висота робочих поверхонь (столів)

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$h_p=1,1\text{м}$. Приміщення має світлу побілку: коефіцієнт відбиття: стелі – $\rho_{\text{стелі}}=70\%$; стін – $\rho_{\text{стін}}=50\%$. [19, с.120, табл.3.9].

Мінімальне освітлення приміщення, в якому виконують зорові роботи розряду III становить $E=300\text{лк}$ [19, с.122]. Як світлові пристрої приймаємо лампи типу ДРЛ-80 (дугові ртутні), які характеризуються високою світловою віддачею при компактності джерела світла. Приймаємо світильники РСТ05 прямого світла (з чотирма лампами). Оскільки світильники кріпляться на стелі, то їх висота над підлогою майже рівна висоті приміщення $h_0=4,5\text{м}$., що не суперечить вимогам ДБН В.2.5-28:2018, відповідно до яких $h_0=2,6\text{-}4\text{м}$, коли у світильнику менше 4 ламп, і $h_0=3,2\text{-}4,5\text{м}$ - при 4-х і більше ламп [20].

Визначаємо висоту світильника над робочою поверхнею (рисунок 5.1):

$$h = h_0 - h_p, \quad (5.1)$$

де h – висота світильника над робочою поверхнею, м;

h_0 – висота приміщення, м; $h_0=4,5\text{м}$;

h_p – висота робочих поверхонь (столів), м; $h_p=1,1\text{м}$.

$$h = 4,5 - 1,1 = 3,4\text{м}.$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

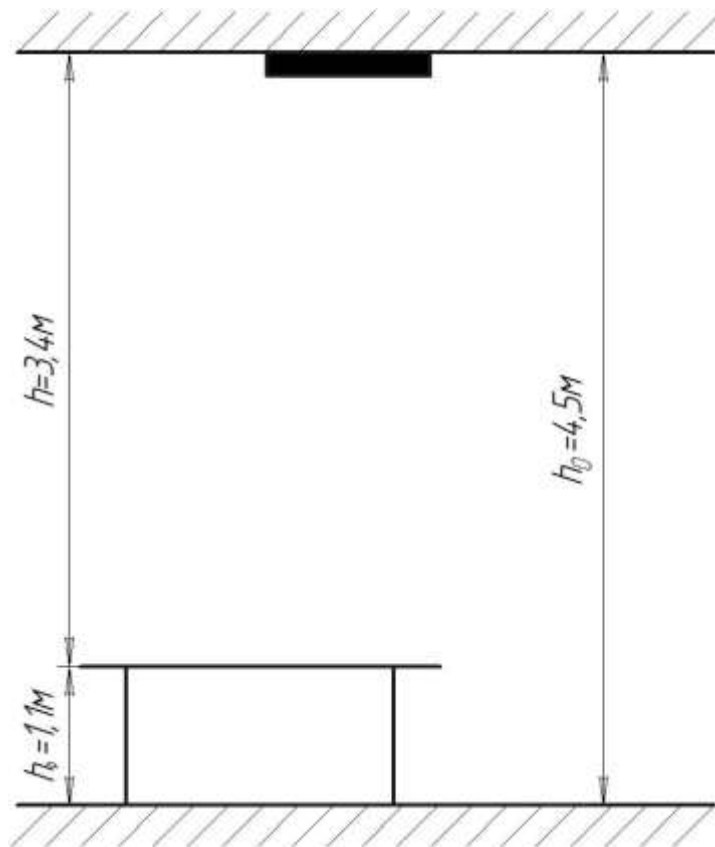


Рисунок 5.1 – Схема визначення висоти підвісу світильника

Показник приміщень i визначається за формулою:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)}, \quad (5.2)$$

де a , b , h – ширина, довжина приміщення, висота світильника над робочою поверхнею відповідно, м.

$$i = \frac{24 \cdot 19,5}{3,4 \cdot (24 + 19,5)} = 3,16$$

При $i=3,0$, $\rho_{стелі} = 70\%$, $\rho_{стін} = 50\%$, для світильника РСП/К03 коефіцієнт використання дорівнює $\eta = 0,6$ [19, с.141, табл. 3.26].

Визначаємо необхідну кількість світильників, для забезпечення необхідної нормованої освітленості робочих поверхонь, якщо відомо, що в кожному світильнику встановлено по чотири лампи ДРЛ-80, за формулою:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

$$N = \frac{ESK_3 Z}{4\Phi_{\text{л}} \eta} \quad (5.3)$$

де N – кількість світильників, шт.;

E – нормована освітленість, E=300 лк.;

S – площа приміщення, що освітлюється, S=460,7м²;

K_з – коефіцієнт запасу, K_з=1,5 [19, с.139, табл.3.24];

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення приймаємо z=1,15 для газорозрядних ламп високого тиску типу ДРЛ [19, с.141];

n – кількість ламп у світильнику, n=4шт.;

Φ_л – світловий потік однієї лампи ДРЛ-80 становить Φ_л=3200лм [19, с.142, табл.3.28];

η – коефіцієнт використання світлового потоку η=0,6 [19, с.141, табл.3.26];

$$N = \frac{300 \cdot 460,7 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{4 \cdot 3200 \cdot 0,6} = 31,04 \text{ шт.}$$

Приймаємо 32 світильника, які для забезпечення рівномірності освітлення розташовуємо в чотири ряди по 8 штук в кожному. Оскільки довжина світильника не набагато більша довжини лампи, встановленої в ньому, то загальна довжина усіх світильників у ряді становитиме:

$$\sum L_{CB} = l_{ce} \cdot n, \quad (5.4)$$

де $l_{ce} = 1,2\text{м}$

$$\sum L_{CB} = 1,2 \cdot 8 = 9,6\text{м.}$$

Це значення менше довжини приміщення 19,5м, тому між світильниками будуть розриви 1,1м.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

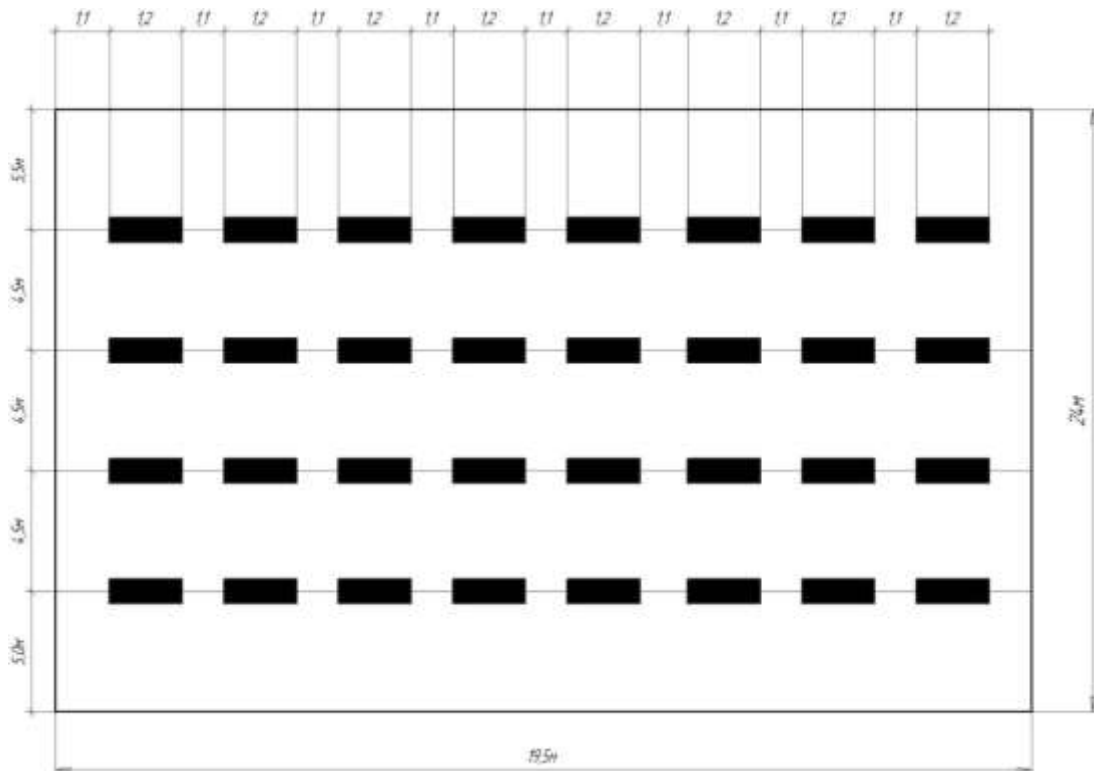


Рисунок 5.2 – Схема розташування світильників РСТ/К03 на ділянці

Визначаємо сумарну електричну потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні за формулою:

$$\sum P_{CB} = P_{\text{л}} \cdot N \cdot n \quad (5.5)$$

де $P_{\text{св.}}$ – сумарна електрична потужність усіх світильників, Вт.

$P_{\text{л}}$ – потужність одного світильника $P_{\text{л}}=3200$, Вт;

N – кількість світильників, шт.; $N=32$ шт.;

n – кількість ламп у світильнику, шт.; $n=4$ шт.

$$\sum P_{CB} = 3200 \cdot 32 \cdot 4 = 409600 \text{ Вт.}$$

Таким чином, для приміщення з площею 468 м^2 потрібно 32 світильники по 4 лампи, які будуть розміщуватись в чотири ряди в кількості 8 штук в кожному. Сумарна потужність, що споживатиметься ними буде складати 409,6кВт.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі розглянуті основні варіанти можливого вдосконалення технологічного процесу виготовлення теплообмінного апарату. Приведено основні пропозиції, щодо заміни способу зварювання та застосування кантувальних пристроїв, які забезпечать розміщення зварюваних швів у нижній площині та необхідній близькості до їх зварювання.

Теплообмінний апарат представляє собою пристрій, який призначений для теплопередачі між двома контактуючими середовищами. Даний варіант використовує теплообмін між гарячою і холодною водою. Теплообмінний апарат поверхневого типу в якому відсутній безпосередній контакт теплоносіїв в одному середовищі, а передача теплоти відбувається через його стінку.

Основним матеріалом з якого виготовляється апарат є низьковуглецева сталь звичайної якості марки Ст4сп. Її зварювання буде виконуватися дротом суцільного перерізу марки Св-08Г2С у захисній суміші МІХ-1, яка у своєму складі містить – Ar 82% + CO₂ 18%. Зварювальний процес буде здійснюватися із використанням цифрових імпульсних напівавтоматів GYS NEOPULSE 220 С XL та додаткового технологічного обладнання – роликів позиціонерів PRB-600.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь Ст4сп. Метінвест: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st4sp> (дата звернення: 23.05.2025).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/558-akulov-a-i-tekhnologiya-i-oborudovanie-svarki-plavleniem> (дата звернення: 28.05.2025).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/337-dumov-s-i-tekhnologiya-elektricheskoy-svarki-plavleniem> (дата звернення: 28.05.2025).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Зварювальний напівавтомат GYS NEOPULSE 220 С XL. Зварювальні напівавтомати: веб-сайт: URL: https://shop.metsol.com.ua/ua/p2435276559-svarochnyj-poluavtomat-gys.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAg8S7BhATEiwAO2-R6sPXyz1M9sn3dZIE03CWiUnay3RPWpXUdVJrW7YE4-lxmV-uTvIpqhoC93oQAvD_BwE (дата звернення: 30.05.2025).

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

8. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-kachestva-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 30.05.2025).

9. Пересувна піскоструминна камера Unicraft MSSG 105 А. Піскоструминні камери: веб-сайт. URL: https://www.motoblok.biz/ua/catalog/15612/piskostruminni-kameri/78975/aparat-piskostruminnii-peresuvnii-unicraft-mssg-105-a.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAg8S7BhATEiwAO2-R6gkiuh9mc86gjm7tXDByvOOvgejCrNdedIFaSLHcwD4thF8TQCHVphoCNHAQAvD_BwE (дата звернення: 03.06.2025).

10. Абразивний відрізний верстат JET JCOM-400T. Відрізні верстати: веб-сайт. URL: https://jet-tools.com.ua/ru/ru-jet-jcom-400t-abrazivno-otreznoy-standok-po-metallu-400-v?gclid=CjwKCAiAg8S7BhATEiwAO2-R6iTurJ14wv5W20R28puEdkh61uUАНyugxIH5_2NIa4xkJzFGEbIAihoC6B8QAvD_BwE (дата звернення: 03.06.2025).

11. Плазморіз PATON StandardCUT-100-400V P-80. Професійні плазморізи: веб-сайт. URL: https://paton.ua/svarochnoe-oborudovanie/plazmorezy/plazmorz-paton-standardcut-100-400v-p-80/?gclid=CjwKCAiAg8S7BhATEiwAO2-R6uYB1uj-cyd_qWgzmRKFA9ROB3AmrwedXrHAumfqdoD5LxDkSo7d5BoC24cQAvD_BwE (дата звернення: 03.06.2025).

12. Токарно-гвинторізний верстат FDB Maschinen TURNER 250x550V. Токарні верстати: веб-сайт. URL: https://storgom.ua/ua/product/tokarno-vintorezniyi-standok-fdb-maschinen-turner-250h550v.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20351763078&utm_content=&utm_term=&utm_id=&gad_source=1&gclid=CjwKCAiAg8S7BhATEiwAO2-R6twjHOGHV5Q75D1DnHTTmDehaNZPgXUXEFYcOPIUuJcIYQGIf03DhoCrMUQAvD_BwE (дата звернення: 03.06.2025).

13. Кутова шліфувальна машина Sturm AG9012TL. Шліфувальні та полірувальні машини (болгарки) Sturm: веб-сайт. URL: <https://rozetka.com.ua/ua/459625209/p459625209/> (дата звернення: 03.06.2025).

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

14. Компресор ремінний Stanley 2.2 кВт 100 л В345м. Ручний і електроінструмент Stanley: веб-сайт. URL: <https://ua.stanley-tools.com.ua/p/kompressor-remennoy-stanley-2-2-kvt-100-l-b345-10-100-198423> (дата звернення: 04.06.2025).

15. 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).

16. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навч. посібник. Київ: Арістей, 2005. 268 с.

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

18. Норми і правила безпеки зварювальника. Довідник зварника: веб-сайт. URL: <https://zvarka.info/normi-i-pravila-bezpeki-zvaryvalnika/> (дата звернення: 12.06.2025).

19. Жидецький В.Ц. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / В.С. Джигерей, В.М. Сторожук / за ред. к.т.н. В.Ц. Жидецького. Львів: Афіша, 2000. 352с.

20. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

ДОДАТКИ

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		