

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 підмоторної для газотурбінної електростанції

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

Тарас АБРАМ

Керівник

Ігор ГУМЕНЮК

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

АБРАМУ Тарасу Тарасовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами підмоторної для газотурбінної електростанції

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

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів

5.2 Безпека праці під час виготовлення рами підмоторної для газотурбінної електростанції

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами підмоторної для газотурбінної електростанції – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами підмоторної для газотурбінної електростанції – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стапеля для складання і зварювання рами – 2.0 (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)

Тарас АБРАМ

(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 рами підмоторної для газотурбінної електростанції 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 sub-motor frame for gas turbine power plant manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	9
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	9
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	10
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	10
1.3.4 Вимоги до складання	11
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	11
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	12
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	18
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	23
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	25
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	28
2.6.1 Заготівельні операції	28
2.6.2 Складальні операції	28
2.6.3 Складально-зварювальні операції	29

					<i>КР.422.01.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Абрам				<i>Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами підмоторної для газотурбінної електростанції</i> <i>Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк						4	68
Реценз.						<i>ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск</i>		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	29
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	30
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	30
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	31
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	34
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	34
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	38
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	38
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	44
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	47
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	48
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	54
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	54
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	57
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	59
5.1	Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів						59
5.2	Безпека праці під час виготовлення рами підмоторної для						
	газотурбінної електростанції	.	.	.	.	.	63
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	65
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	66
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	68

ВСТУП

Основні завдання зварювального виробництва в Україні:

- 1) перехід від клепаних, литих і кованих конструкцій до більш економічних та надійних зварних;
- 2) створення спеціалізованих підприємств і цехів для виготовлення деталей машин та вузлів із зносостійким наплавленням;
- 3) розширення виробництва зварювальних матеріалів для забезпечення потреб промисловості та будівництва;
- 4) впровадження високопродуктивних технологій, зокрема автоматичного зварювання.

Зварювання охоплює широкий спектр сучасних технологій, серед яких дугове зварювання у середовищі вуглекислого газу, аргону чи гелію, використання високотемпературної плазми, електронного променя та лазера. Широко застосовуються автоматизовані процеси з програмним управлінням, а також спеціальні камери з контрольованою атмосферою, де зварник працює у захисному костюмі-скафандрі. Унікальні контактні машини дозволяють за один цикл виконувати точкове зварювання цілих вузлів автомобілів. Паралельно розвиваються нові методи – дифузійне, холодне та вибухове зварювання, при яких метал не плавиться. Сфера застосування зварювання виходить далеко за межі промисловості: воно використовується у хірургії, при виготовленні складного обладнання та апаратури, у виробництві конструкцій для роботи з ізотопами й радіоактивними препаратами, для з'єднання двошарових сталей і різних сплавів. Можливості цієї технології практично необмежені – зварювання успішно виконують навіть під водою та в умовах космосу.

Для підвищення якості продукції та продуктивності праці у зварювальне виробництво слід широко впроваджувати останні досягнення науки й техніки [1, с. 3].

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виріб являє собою раму підмоторну для газотурбінної електростанції, що складається з шести поперечних балок та двох швелерів. Для забезпечення високої корозійної стійкості, жорсткості та можливості експлуатації в різних кліматичних умовах конструкцію виготовляють зі сталі марки 09Г2С. Основні вимоги до виготовлення: дотримання розмірів у межах допусків, зазначених на кресленнях; правильність форми конструкції; виконання параметрів режиму зварювання, визначених технологічними картами; дотримання правил техніки безпеки.

Зварні вузли рами повинні забезпечувати:

- можливість складання та зварювання у спеціальних пристосуваннях;
- зручний доступ до місць зварювання;
- розташування швів у зонах, що не зазнають значних пластичних деформацій під час попередніх операцій;
- виконання зварювання у нижньому положенні.

Загальний вигляд конструкції виробу показано на рисунку 1.1.

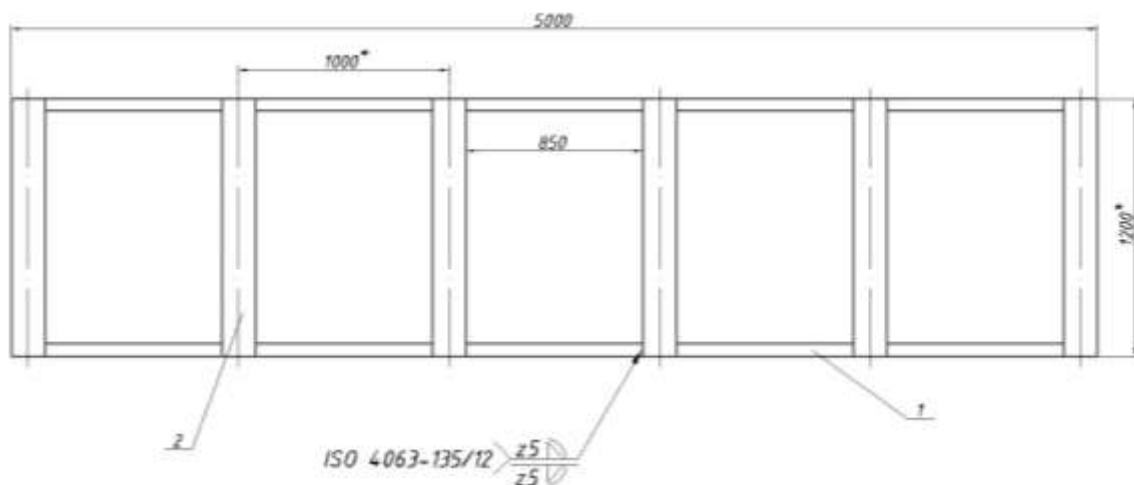


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд рами під моторної

1 – швелер, 2 – балка поперечна

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Оскільки виріб експлуатується в умовах складних динамічних навантажень, під час його виготовлення необхідно забезпечити високу міцність та якість зварних з'єднань. Це є ключовою умовою надійності та довговічності конструкції.

Оскільки виготовлення рами належить до багатосерійного виробництва, економічно вигідно застосовувати вдосконалені затискні пристосування. Вони забезпечують високу точність під час складання заготовок перед зварюванням.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Підмоторна рама газотурбінної електростанції виготовляється з конструкційної низьколегованої сталі марки 09Г2С. Її механічні властивості наведені в таблиці 1.1, а хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 09Г2С [2]

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

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

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

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є зварюваність – здатність матеріалу утворювати зварне з'єднання, яке відповідає вимогам конструкції та умовам експлуатації виробу. Під технологічною зварюваністю

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розуміють ступінь відповідності властивостей отриманого з'єднання властивостям основного металу.

Зварюваність матеріалу визначають шляхом розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю C_e [3, с.127]:

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

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

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 застосовують попередній підігрів металу до температури близько 350 °С. Такий технологічний прийом забезпечує стабільність процесу та підвищує якість зварних з'єднань.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для отримання надійних зварних з'єднань необхідно застосовувати матеріали та напівфабрикати високої якості. Їх відповідність вимогам підтверджується сертифікаційними даними. Якщо сертифікати відсутні або виявлено зовнішні дефекти, допуск до виробництва можливий лише після проведення хімічного аналізу, механічних випробувань та перевірки зварюваності.

Основний метал підлягає перевірці на відсутність пор, усадкових раковин та тріщин, оскільки ці дефекти можуть суттєво знизити міцність.

Для забезпечення високої якості зварних з'єднань усі вихідні матеріали повинні мати сертифікати постачальника або паспорти. Якщо вони відсутні,

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допуск у виробництво можливий лише після проведення випробувань, що підтверджують відповідність стандартам і технічним умовам. Чистота зварювальних матеріалів має відповідати чинним нормативам, а їх зберігання здійснюється окремо за марками та партіями в сухих закритих приміщеннях. Напівфабрикати не повинні містити тріщин чи інших дефектів, які знижують надійність, а недопустимі пошкодження усувають шліфуванням або вирубанням. Використання дроту з ознаками корозії, забруднення чи мастила категорично забороняється.

Перед використанням захисні гази перевіряють на відсутність шкідливих домішок та вологи. Їх зберігання і транспортування здійснюється у балонах місткістю 100–150 дм³ при робочому тиску близько 15 МПа.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

На етапах проектування та виготовлення необхідно зберігати геометричні розміри й форму конструкції. Це досягається шляхом:

- розроблення конструкції з урахуванням технологічних особливостей виробництва;
- правильного оформлення зварних з'єднань із дотриманням вимог до оброблення, підготовки кромки та допусків;
- суворого виконання технологічних процесів для запобігання виникненню внутрішніх напружень і деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зовнішній вигляд шва та його поверхні залежить від способу зварювання і просторового положення, в якому він виконується. Щоб забезпечити якість з'єднань, необхідно:

- дотримуватися форми та розмірів швів відповідно до технічних умов і креслень;

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використовувати основний та зварювальний матеріали з мінімальним вмістом сірки й фосфору;

- створювати умови, що сприяють утворенню дрібнозернистої структури при первинній кристалізації металу.

При зварюванні в середовищі захисних газів або у вакуумі шов виходить рівним і гладким, а його поверхня має характерний блиск, схожий на смужку розплавленого металу.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання – це технологічний процес послідовного з'єднання та закріплення деталей між собою відповідно до порядку, визначеного технологічними картами.

Існує кілька методів складання конструкцій:

- за попереднім розмічуванням – положення кожного елемента визначається за нанесеними на з'єднувальні деталі мітками;

- за контрольними отворами – з'єднання деталей здійснюється через спеціально передбачені отвори, що забезпечують точність їх взаємного розташування.

При використанні складально-зварювального устаткування виріб не потребує транспортування чи переустановлення, що дозволяє зберегти точність розмірів і форми. У таких умовах якість конструкції значно вища, ніж при зварюванні на прихватках.

Таким чином, для зварювання підмоторної рами буде застосовано складально-зварювальне устаткування, що забезпечує точність геометричних розмірів конструкції..

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час складання зварних конструкцій для оцінки їх придатності до

					<i>КР.422.01.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

експлуатації важливо враховувати вплив зовнішніх і внутрішніх чинників на міцність. Надійність виробу визначається як конструктивними особливостями, так і умовами його подальшої роботи.

Основні зварні з'єднання не повинні містити дефектів, що перевищують допустимі норми, визначені чинними стандартами. Якщо технічні умови певної галузі допускають наявність окремих не виправлених дефектів, їх сумарна довжина не може перевищувати 15% від загальної довжини шва.

Усунення дефектів не завжди забезпечує підвищення працездатності виробу та супроводжується додатковими витратами. Для рами дозволяється проводити виправлення в одному й тому самому місці не більше двох разів.

Надійність і безпечність зварного виробу під час експлуатації значною мірою визначається якістю зварних з'єднань. Тому основні типи та конструктивні елементи швів підмоторної рами повинні строго відповідати встановленим технічним умовам.

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

Рамні конструкції являють собою систему жорстко з'єднаних балок. Виготовлення зварної рами передбачає попереднє створення її окремих елементів. Подальше складання полягає у забезпеченні правильного взаємного розташування цих частин згідно з проектом, а зварювання – у формуванні міцних спряжень між ними.

Виробництво рами для газотурбінної електростанції складається з основних операцій: правлення, розмічування, різання, складання, зварювання, зачищення, транспортування та контролю якості. У цілому процес передбачає виготовлення шести поперечних балок і їх подальше з'єднання зі швелерами, що утворює жорстку конструкцію.

Переріз балки виконано у вигляді труби з зовнішнім діаметром 160 мм та товщиною стінки 5 мм. Балку встановлюють у складальне пристосування,

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оснащене базувальним пальцем, фіксаторами та пневмопритискачами. Її положення закріплюється двома притискачами на кінцях і базувальним пальцем у середині. Після цього з обох боків вставляють швелери, які фіксують пневмопритискачами в центрі та на краях.

Жорстко складену підмоторну раму переміщують електроталлю та встановлюють у спеціальне пристосування. Конструкцію розташовують так, щоб зварні шви виконувалися в нижньому положенні.

Для виготовлення підмоторної рами застосовують напівавтоматичне електродугове зварювання плавким електродом у середовищі захисного газу. Як захисний газ використовується вуглекислий, що постачається у балонах у рідкому стані.

Зварювання виконують напівавтоматом ПДГ-512. Його головка складається з пальника зі шлангом та мундштуком, що підводить струм до електродного дроту. Подавальний механізм з електродвигуном і редуктором розташований поруч із робочим місцем та проштовхує дріт через гнучкий шланг довжиною 3–4 м до пальника. Апаратура контролю й керування знаходиться у спеціальній шафі. Схема, побудована на напівпровідникових елементах, забезпечує роботу як у режимі зварювання, так і під час налагодження. Шланг слугує каналом для подачі дроту та містить кабелі живлення і дроти керування, що підводять струм до мундштука.

Зварювання рами виконують напівавтоматами в середовищі CO₂. У процесі експлуатації вона піддається багаторазовим динамічним навантаженням. Для забезпечення надійної роботи конструкції необхідно застосовувати таке конструктивне рішення, технологію складання та методи зварювання, які мінімізують концентрацію напружень у з'єднаннях.

Перед складанням і зварюванням рами обов'язковою умовою є механічна обробка поверхні труби, що забезпечує збільшення площі прилягання та повний провар зварного з'єднання. Контроль якості здійснюється візуально на кожному етапі виготовлення.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Під час зварювання в середовищі CO₂ спостерігається інтенсивніше, ніж при інших способах, розбризкування електродного металу. Частина крапель розплавленого металу, що вилітають із зони зварювання, може налипати або сплавлятися зі зварюваною деталлю, соплом пальника та струмопідвідним мундштуком.

Налипання крапель металу на сопло та струмопідвідний мундштук порушує рівномірну подачу електродного дроту й знижує ефективність газового захисту. Тому сопло та мундштук необхідно регулярно очищувати.

Важливим недоліком чинного технологічного процесу є застосування ручних затискних пристроїв. Вони потребують безпосередньої участі складальника-зварювальника, що істотно збільшує час складання та трудові витрати під час виготовлення підмоторної рами.

Суттєвим недоліком є нераціональне використання зварювального обладнання, що негативно впливає на ефективність виробництва.

Застосовуване зварювальне обладнання розраховане на номінальний струм 500 А, хоча параметри режиму зварювання дозволяють використовувати апарати з набагато меншим струмом. Така невідповідність призводить до нераціонального використання обладнання та надмірних витрат електроенергії.

З огляду на виявлені недоліки, для підвищення ефективності та надійності виготовлення рами необхідно:

- використовувати як захисний газ суміш MIX-1 (82% Ar + 18% CO₂);
- модернізувати затискні пристрої, замінивши ручні на механізовані;
- раціонально підібрати зварювальне обладнання відповідно до реальних параметрів режиму зварювання.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Доцільність застосування певного способу зварювання при виготовленні конструкції визначається аналізом таких чинників: технічні та економічні вимоги до зварних з'єднань, властивості матеріалу та його зварюваність, необхідний рівень продуктивності, можливості механізації й автоматизації процесу, умови безпечної та нешкідливої роботи.

Під час виготовлення конструкції існують певні обмеження у виборі способу зварювання, зумовлені розташуванням швів у різних просторових положеннях та їхньою обмеженою довжиною. З огляду на це можливе застосування таких методів:

- 1) ручне дугове зварювання;
- 2) напівавтоматичне під флюсом;
- 3) напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів;
- 4) газове зварювання.

Основною перевагою ручного дугового зварювання є простота обладнання та відносно низькі виробничі витрати порівняно з іншими методами. Водночас цей спосіб має суттєві недоліки: низька продуктивність, шкідливі умови праці для зварника, потреба у високій кваліфікації виконавця, відсутність автоматизації процесу та значна ймовірність виникнення браку.

Напівавтоматичне зварювання під флюсом забезпечує отримання якісних швів, проте, як і при ручному дуговому зварюванні, після процесу необхідне видалення шлаку. Цей метод доцільно застосовувати для зварювання швів середньої довжини, тоді як шви рамної конструкції є короткими, що знижує його ефективність у даному випадку.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низку переваг, серед яких достатній рівень автоматизації процесу, висока продуктивність праці та невеликі економічні витрати на виробництво. Цей

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спосіб забезпечує високу якість зварних з'єднань і дає можливість спостерігати за дугою та ванною розплавленого металу, оскільки дуга є відкритою. Крім того, він дозволяє виконувати зварювання у різних просторових положеннях та працювати з металами різної товщини – від тонких листів 0,2–0,9 мм до масивних деталей 10–20 мм. Водночас метод має й певні недоліки: інтенсивне розбризкування електродного металу, що спричиняє забруднення обладнання, потреба у використанні джерела постійного струму, а також необхідність застосування спеціальних захисних заходів від світлової та теплової радіації, яка виникає через відкриту дугу.

Газове зварювання має низку переваг: воно забезпечує більш рівномірний нагрів, не потребує джерела електричної енергії, є простим і відносно дешевим способом, а також дозволяє зварювати не лише чорні, а й кольорові метали та їхні сплави. Водночас цей метод характеризується істотними недоліками – він вибухонебезпечний, складно піддається механізації та автоматизації, чутливий до протягів і низьких температур, а також придатний переважно для зварювання металів малої товщини.

Для виготовлення підмоторної рами застосовується напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів. Як захисну атмосферу використовується суміш MIX-1 (82% Ar + 18% CO₂), що забезпечує високу якість зварних з'єднань та економічність процесу. Схема реалізації цього способу наведена на рисунку 2.1.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для виробництва підмоторної рами газотурбінної електростанції застосовується конструкційна низьколегована сталь 09Г2С.

Застосування захисних газових сумішей замість традиційного вуглекислого газу дозволяє істотно підвищити швидкість зварювання без зміни технології чи обладнання. Це забезпечується завдяки стабільнішій роботі дуги, покращеному перенесенню металу у зварювальну ванну та

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формуванню більш якісного шва. Крім того, розширюється діапазон регулювання режимів за напругою і струмом. Наприклад, швидкість подачі дроту може зростати з 6–7 до 12–14 м/хв. Використання сумішей також полегшує перехід до струменевого перенесення, що сприяє утворенню майже ідеальної форми шва. Тому для виготовлення даної конструкції застосовується газова суміш MIX-1 (82% Ar + 18% CO₂).

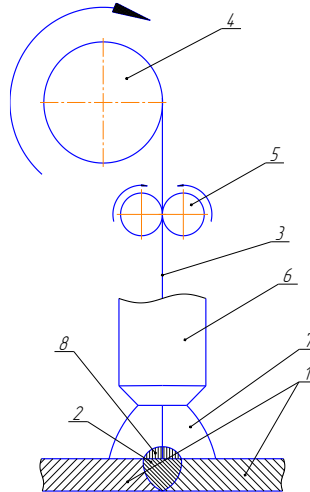


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у захисній суміші

1- зварювані деталі, 2 - зварний шов, 3 - зварювальний дріт, 4 - котушка з електродним дротом, 5 - подавальні ролики, 6 – пальник, 7- захисний газ, 8 - зварювальна дуга

При напівавтоматичному електродуговому зварюванні в середовищі захисних газів основним матеріалом виступає зварювальний дріт, а допоміжним – газова суміш, яка забезпечує стабільність процесу.

Аргон у промисловості отримують із повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої виділяються кисень і азот, а супутнім продуктом є аргон. Це інертний газ, який може постачатися як у рідкому, так і в газоподібному стані. Для зварювання підмоторної рами використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою 99,998%.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Під час виготовлення підмоторної рами як захисний газ застосовується вуглекислий газ вищого сорту, у якому максимально допустимий вміст домішок не перевищує 0,1%.

Для зварювання підмоторної рами використовується легований дрід марки Св-08Г2С, хімічний склад якого наведено в таблиці 2.1. Для забезпечення стабільності процесу та підвищення якості зварного шва цей дрід постачається з обмідненою поверхнею, що покращує його електропровідність і зменшує ймовірність дефектів.

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

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

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні режимів зварювання параметри слід підбирати таким чином, щоб забезпечити отримання швів необхідних розмірів, форми та якості. Тому доцільніше не здійснювати довільний вибір режиму, а проводити його розрахунок. При цьому першочерговим завданням є забезпечення заданого катета шва.

Для таврового з'єднання з катетом шва 5 мм виконаємо розрахунок параметрів режиму зварювання. Типи та катети швів визначаємо з технологічних міркувань.

Схему з'єднання наведено на рисунку 2.2.

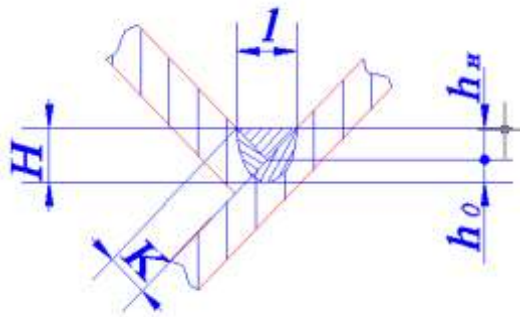


Рисунок 2.2 - Схема зварного з'єднання

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

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

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

При розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити одержання катету шва, відповідної 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, $K=5$ мм,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Тоді:

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

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

Отже:

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

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

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

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

Отже, приймаємо силу зварювального струму 220 А.

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

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

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

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:

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,4^2}{4} = 1,4393 \text{ мм}^2.$$

Отже:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$V_{н.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 220}{1,4393 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 220 \quad м / год.$$

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

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

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

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

Приймаємо $U_{\delta}=29$ В.

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

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

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

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

Приймаємо $V_{зв}=22$ м/год.

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

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{3\phi}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,2 мм $\gamma=75...300$ А/мм² [4, с.193],

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

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що є допустимо.

Витрати захисного газу $Q_{\Gamma} = 16$ л/хв.

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

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	220
Напруга на дузі	$U_{д}$	В	29
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,4
Виліт електрода	$l_{д}$	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	22
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	220
Витрати захисного газу	Q_{Γ}	л/хв	10

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Устаткування для дугового зварювання в середовищі захисних газів може бути як універсальним, так і спеціалізованим. Його відмінною рисою є наявність вузлів, агрегатів та допоміжних пристроїв, що забезпечують газовий захист металу шва та зони термічного впливу від негативного впливу навколишнього повітря.

Для виконання напівавтоматичного зварювання у середовищі газової суміші MIX-1 (82% Ar + 18% CO₂) застосовується зварювальний напівавтомат марки MegaTec PRO MIG 500FW.

MegaTec PRO MIG 500FW – професійний промисловий напівавтомат для зварювання серед захисного газу MIG-MAG, а також ручного дугового зварювання покритим електродом MMA на 380 В. Конструктивно виконаний на транспортному візку з передбаченою установкою балона із захисним газом 40л та містким відсіком для зберігання інструментів. Просунуте технологічне оснащення апарату включає силову схему побудовану на IGBT транзисторах. Інтелектуальне управління реалізовано на технології Synergic з функціями вибору оптимального режиму зварювання для конкретних видів металу його товщини, діаметра зварювального дроту та середовища захисного газу зі збереженням у реєстрі пам'яті вибраних налаштувань [6].

Обладнання даної серії – чудове рішення для експлуатації в індустріальних цілях, авторемонті, на виробничо-монтажних ділянках [6].

Загальний вигляд напівавтомата представлений на рисунку 2.3, а його технічні характеристики в таблиці 2.3.



Рисунок 2.3 – Зварювальний напівавтомат MegaTec PRO MIG 500FW [6]

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики зварювального напівавтомата марки MegaTec PRO MIG 500FW [6]

Напруга мережі, В	380
Максимальна потужність, кВт	23,5
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Коефіцієнт потужності, cos F	0,93
Напруга холостого ходу, В	75
Межі регулювання зварювального струму, А	80-500
Межі регулювання робочої напруги, В	18-39
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,6
Швидкість подачі зварювального дроту, м/хв	2– 24
Тривалість підключення (ТВ), % 500 А	60
Тип охолодження	рідинне
Тип ізоляції	F
Клас захисту	IP21S
Тип підключення пальника	KZ-2
Система подачі дроту	4 ролика, до 15кг (270мм) – виносна система

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Основними завданнями контролю якості є: перевірка відповідності вимогам; виявлення дефектів; запобігання браку; оцінка надійності та довговічності; оптимізація технології; документування результатів; підвищення ефективності виробництва.

В процесі виготовлення рами підмоторної можуть застосовуватися наступні методи контролю якості; візуально-оптичний, ультразвуковий, радіаційний та магнітний.

Візуально-оптичний контроль є найпростішим і водночас найбільш поширеним методом оцінки якості зварних з'єднань. Він полягає у зовнішньому огляді шва та прилеглої зони з використанням органів зору або спеціальних оптичних засобів, таких як лупи, мікроскопи, ендоскопи чи відеосистеми. Основним завданням цього методу є виявлення зовнішніх дефектів, зокрема тріщин, пор, підрізів, напливів та непроварів, а також перевірка геометричних параметрів шва – його катета, ширини, висоти та форми. Крім того, здійснюється оцінка рівномірності та суцільності зварного з'єднання, а також контроль відповідності шва технічним умовам і кресленням. Для проведення такого контролю застосовуються шаблони та калібри, що дозволяють вимірювати розміри шва, а також освітлювальні прилади для якісного огляду та засоби фото- чи відеофіксації результатів.

Перевагами методу є простота, низька вартість та можливість швидкого використання на будь-якому етапі виробництва. Водночас його обмеженням є те, що він дозволяє виявити лише зовнішні дефекти і не дає інформації про внутрішні порушення структури металу, для чого застосовуються інші методи неруйнівного контролю, такі як ультразвуковий чи радіаційний. Таким чином, візуально-оптичний контроль є первинним і обов'язковим етапом перевірки якості зварних з'єднань, який у комплексі з іншими методами забезпечує повну оцінку їхньої надійності.

Ультразвуковий контроль є одним із найефективніших методів неруйнівного контролю якості зварних з'єднань. Його принцип ґрунтується на використанні високочастотних ультразвукових хвиль, які вводяться у метал за допомогою спеціальних перетворювачів. Під час проходження хвиль крізь матеріал вони відбиваються від меж розділу середовищ, включень або дефектів. За характером відбитих сигналів можна визначити наявність і розташування внутрішніх порушень структури.

Основними завданнями ультразвукового контролю є виявлення внутрішніх дефектів – тріщин, пор, непроварів, шлакових включень та інших

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

неоднорідностей, що не можуть бути зафіксовані візуально-оптичним методом. Цей спосіб дозволяє оцінити глибину та розміри дефектів, а також визначити їх точне місце розташування у зварному шві.

До переваг методу належать висока чутливість, можливість контролю товстостінних конструкцій, швидкість проведення перевірки та відсутність потреби у руйнуванні виробу. Обмеженням є необхідність високої кваліфікації оператора, складність інтерпретації сигналів у випадку складної геометрії з'єднання, а також зниження точності при наявності грубозернистої структури металу.

Радіаційний контроль є одним із найточніших методів неруйнівного контролю якості зварних з'єднань. Його принцип ґрунтується на використанні рентгенівського або гамма-випромінювання, яке проходить крізь метал і фіксується на спеціальних носіях – рентгенівській плівці, цифрових детекторах чи екранах. У місцях, де в матеріалі є дефекти (пори, тріщини, непровари, шлакові включення), інтенсивність випромінювання змінюється, що дозволяє отримати їхнє зображення та оцінити розміри й розташування.

Основними завданнями цього методу є виявлення внутрішніх дефектів, які неможливо визначити візуально чи оптичними засобами, а також оцінка їхнього впливу на міцність і надійність конструкції. Радіаційний контроль забезпечує високу точність і достовірність результатів, дозволяє досліджувати товстостінні деталі та складні зварні з'єднання.

Магнітний контроль є одним із методів неруйнівного контролю якості зварних з'єднань, який ґрунтується на використанні магнітного поля для виявлення дефектів у металі. Принцип методу полягає в тому, що при намагнічуванні зварного виробу магнітні силові лінії змінюють свій напрямок у місцях, де є тріщини, пори, непровари чи інші дефекти. Ці зміни фіксуються за допомогою спеціальних індикаторних матеріалів – магнітних порошків або суспензій, які осідають у зонах порушення суцільності металу.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основними завданнями магнітного контролю є виявлення поверхневих та підповерхневих дефектів, що можуть негативно вплинути на міцність і надійність зварного з'єднання. Метод дозволяє швидко та ефективно визначати місця тріщин, раковин чи інших дефектів, які не завжди можна побачити під час візуального огляду.

Отже для контролю якості рами підмоторної будуть використовуватися одночасно два методи – візуально-оптичний та ультразвуковий.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення рами підмоторної є комплексом взаємопов'язаних операцій – від підготовки матеріалу до остаточного контролю та обробки.

2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, з яких складається рама, необхідно виконати низку підготовчих операцій. Спочатку здійснюється правлення, що забезпечує вирівнювання металу та усунення деформацій. Далі проводиться розмічування, яке дозволяє точно визначити контури та розміри майбутніх деталей відповідно до креслень. Завершальним етапом є різання, під час якого заготовки відділяються від основного матеріалу у потрібних формах і розмірах. Для виконання останніх операцій застосовується дисковий відрізний верстат TTMC CS 275.

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням проводиться візуальна перевірка деталей та вузлів на відповідність кресленням. У процесі роботи забезпечується правильне взаємне розташування елементів, яке відповідає їхньому положенню у готовій

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкції. Підмоторна рама повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб мінімізувати деформації під час зварювання. Для складання та зварювання застосовуються спеціальні складально-зварювальні стапелі.

Складання та зварювання складальних одиниць і всієї конструкції здійснюється у спеціальному пристосуванні. Спочатку деталі встановлюють та фіксують за допомогою базуючого пальця і фіксатора. Далі вони притискаються притискачами для забезпечення точності взаємного розташування. Після цього безпосередньо виконують зварювання складальної одиниці у пристосуванні.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Виконується налагодження напівавтомата та газового обладнання відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання. При цьому встановлюють необхідну силу зварювального струму, регулюють витрату захисного газу та задають швидкість подачі електродного дроту.

Під час складання, коли елементи виробу встановлені у правильному проектному положенні, спочатку виконують зварювання у доступних місцях та роблять прихватки для фіксації деталей. Після цього складальну одиницю відкріплюють у пристосуванні та знімають. Завершальним етапом є остаточне зварювання всієї складальної одиниці, що забезпечує її міцність і цілісність.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювання здійснюється зачищення швів та видалення металевих бризок із поверхні конструкції. Для виконання опоряджувальних операцій застосовуються відповідні інструменти та засоби захисту: захисні окуляри Pyramex Itek Anti-Fog (clear), молоток масою 500 г із цільнометалевою ручкою Haisser, сталева вигнута щітка по металу з ергономічною ручкою Hardy, кутова шліфувальна машина Зеніт Профі ЗКШ-

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

125/1150 рс, а також відрізний диск по металу Metabo M-Calibur 125×1,6×22,23 мм.

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні операції в технологічному процесі – це дії, які не беруть безпосередньої участі у формуванні основного виробу, але забезпечують умови для якісного та ефективного виконання основних операцій. Вони створюють необхідну підготовку, підтримку та завершення виробничого циклу.

Вони забезпечують точність складання, стабільність технологічного процесу, безпеку праці та високу якість кінцевої продукції. Без їх виконання основні операції не можуть бути реалізовані належним чином.

2.6.6 Контроль якості

Контроль якості – це система заходів, спрямованих на забезпечення відповідності продукції встановленим вимогам, стандартам та технічним умовам. Він охоплює всі етапи виробничого процесу – від підготовки матеріалів до випуску готового виробу – і має на меті гарантувати надійність, безпеку та довговічність продукції.

Під час контролю якості зварних з'єднань спочатку проводиться зовнішній огляд, під час якого перевіряють форму та розташування швів відповідно до креслення, а також виявляють можливі зовнішні дефекти й деформації вузлів. Для визначення внутрішніх дефектів у зварних швах застосовується ехо-імпульсний метод ультразвукової дефектоскопії, що дозволяє отримати достовірну інформацію про їхню структуру та приховані порушення.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться з метою визначення їх кількості, необхідної для виготовлення зварної конструкції, а також для забезпечення економного використання та раціонального застосування у виробничих процесах промисловості й будівництва. Загальні правила встановлення норм витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх визначення у зварювальному виробництві регламентуються стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [7].

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

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [7,с.6]:

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

де α_n – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_n = 12$ г/А·год;

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

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш} = 8$ м.

Отже:

$$Q_n = 12 \cdot 220 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 26,4 \text{ кг}$$

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

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$Q_p = 26,4 \cdot 0,7 = 18,48 \quad \text{кг},$$

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

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

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

$$Q_{\text{нп}} = 26,4 \cdot 0,5 = 13,2 \quad \text{кг}.$$

Отже:

$$H_{\text{ел}} = 18,48 + 13,2 = 31,68 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [7,с.10]:

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

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

$$H_z = 18,48 \cdot 0,9 = 16,6 \quad \text{л / хв.}$$

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.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$E = \frac{29}{12 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,8 \quad \kappa Bm.$$

Визначасмо 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;

$$E = \frac{0,01 \cdot 29 \cdot 220 \cdot 0,05}{0,9 \cdot 0,75} = 4,7 \quad \kappa Bm.$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Складальні операції у виробництві зварних конструкцій спрямовані на точне позиціонування та надійне закріплення деталей. Їх виконують на плиті, стенді або за допомогою спеціальних пристосувань, що забезпечують правильність взаємного розташування елементів.

Застосування спеціальних складальних пристосувань сприяє покращенню умов праці та підвищенню якості складання. Основою таких пристроїв є жорсткий каркас, оснащений упорами, фіксаторами та притискачами. Закріплення деталей зазвичай здійснюється прихопленнями. У цьому стані складальний вузол повинен мати достатню жорсткість, щоб витримати зняття з пристосування, транспортування до місця зварювання та мінімізувати деформації під час виконання швів.

При застосуванні складально-зварювального пристосування процес зварювання здійснюється безпосередньо після складання, без виймання виробу з пристосування. Це дозволяє обійтися без прихоплень, оскільки деталі залишаються надійно закріпленими у потрібному положенні протягом усього технологічного циклу.

Послідовність виконання складальних та зварювальних операцій може відрізнятися залежно від конструкції та умов виробництва. У першому випадку зварювання здійснюють після завершення всіх етапів складання. У другому – складання та зварювання виконуються по чергово, що дозволяє поступово формувати конструкцію.

Під час виконання окремих зварних швів положення виробу необхідно змінювати. Для цього застосовують спеціальні пристосування – позиціонери, обертачі, кантувачі, роликові стенди та маніпулятори, які забезпечують зручність роботи та точність розташування конструкції у процесі зварювання.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристосування у зварювальному виробництві поділяються на два основні типи. Установлювальні призначені для кантування виробів у положення, зручне для виконання зварювання. Зварювальні не лише забезпечують процес з'єднання, а й дозволяють переміщати конструкцію зі швидкістю, що відповідає швидкості зварювання.

Вибір типу складально-зварювальних пристосувань залежить від конструкції виробу, застосованої технології виготовлення та виробничої програми.

Вихідними даними для проектування складально-зварювальних пристосувань є креслення окремих деталей та виробу в цілому, технічні умови на його виготовлення й приймання, а також виробнича програма випуску.

Вибір та розроблення пристосувань - один із етапів технологічного підготовлення виробництва виробів. Конструювання нового пристосування або модернізація існуючого проводяться на основі [8, с.11]:

- вивчення креслень та технічних умов на зварну конструкцію. При розробленні зварних виробів питання їх технологічності часто залишаються не в полі зору конструктора. Тому при проектуванні технологічного процесу, виборі та конструюванні зварювального пристосування, як правило, виникає необхідність аналізу технологічності зварної конструкції. Особливу увагу при цьому слід звернути на конфігурацію деталей, які входять до складу тої чи іншої складальної одиниці зварної конструкції, точність виготовлення заготовок і стан їх поверхонь. Конфігурація деталей повинна забезпечувати їх легке встановлення при складанні і зніманні виробу, доступність до місць прихоплювання та зварювання. Технологічна зварна конструкція дозволяє застосовувати більш прості та дешевші пристосування для її виготовлення;

- розроблення технологічного процесу виготовлення виробу. Рациональний технологічний процес складання і зварювання виробу повинен бути пропрацьований на рівні маршрутного або розгорнутого технологічного процесу та ретельно вивчений конструктором пристосування;

- аналіз виробничої програми випуску виробу. Він вивчає складність пристосування, необхідність та доцільність його оснащення механізмами для комплексної механізації і автоматизації. Таким чином, вибір типу пристосування залежить від способу зварювання і складання, конструкції виробу, матеріалу і поперечного перерізу деталей, якості складання і зварювання, які вимагаються, особливо точності розмірів, і від заданої продуктивності. При цьому слід пам'ятати про необхідність істотно скоротити трудомісткість складальних і допоміжних робіт, забезпечити стабільну якість виробу, полегшити й покращити умови праці працюючих робітників, виключити втомлювальні, монотонні, малоцікаві ручні роботи;

- техніко-економічне обґрунтування найкращого варіанту-пристосування із числа можливих. Вибір його чи іншого пристосування із числа можливих проводиться на основі їх техніко-економічного порівняння. Вибирають, як правило, варіант, найбільш раціональний з технічному та рентабельний економічному відношенні [8, с. 12].

При технічному обґрунтуванні слід порівнювати і аналізувати: прогресивність пристосування (продуктивність, механізацію, раціональність апаратури і обладнання, можливість забезпечення якості трудомісткість, умови праці і техніки безпеки, забрудненість середовища та ін.); тривалість виробничого циклу; габарити і масу пристосувань, площі і об'єм виробничих приміщень; необхідну кількість робітників; питому продуктивність; завантаження обладнання; вид і кількість відходів; витрати енергії та матеріалів [8,с. 13].

При економічному обґрунтуванні доцільності застосування того чи іншого пристосування необхідно порівняти капітальні витрати на виробництво виробів та їх собівартість, визначити річний економічний ефект та термін окупності капітальних вкладень [8,с. 13].

З огляду на наведені вимоги та специфіку технологічного процесу, для виготовлення підмоторної рами застосовується складально-зварювальне

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання. Це забезпечує підвищену якість зварних з'єднань, оскільки операція виконується одразу після складання без додаткових переміщень виробу.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій необхідне точне складання деталей виробу, що передбачає їх правильне взаємне розташування та надійне закріплення.

Процес складання зварного виробу включає послідовність операцій. Спочатку деталі виробу або вузла подають до місця складання, після чого встановлюють у складальному пристосуванні у визначеному положенні. У цьому положенні вони закріплюються й підлягають зварюванню. Подавання та встановлення деталей здійснюється універсальним чи спеціальним транспортним обладнанням. Положення визначається установчими елементами пристосування або суміжними деталями, а фіксація виконується за допомогою затискних елементів.

Таким чином, головна функція складального обладнання у зварювальному виробництві полягає у точній фіксації та надійному закріпленні деталей, що підлягають зварюванню.

Для складання та зварювання технологічних вузлів застосовують складальні кондуктори, а окрему складальну одиницю формують і зварюють у стапелі – спеціальному різновиді кондуктора.

Складальний кондуктор – це пристрій, що складається з площинної або просторової рами чи плити, на якій розташовані установчі та затискні елементи. У таких пристроях зазвичай виконують складання й зварювання виробів, тому їхня основа повинна мати високу жорсткість і міцність, щоб витримувати зусилля, що виникають під час зварювання.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика рами підмоторної для газотурбінної електростанції

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	5000x1200	5000x1200
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат 09Г2С	кг	287	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	23	
захисний газ (суміш МІХ-1 – Аг 82% +СО ₂ 18%)	кг	11,56	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	18	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь 09Г2С	грн	56,2	56,08
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	154,5	154,3
захисний газ (суміш МІХ-1 – Аг 82% +СО ₂ 18%)	грн	36,45	36,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	108	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
рами підмоторної для газотурбінної електростанції

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка рисувалка маркер	287 178 86 47	III	$\frac{4,4}{4,2}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Верстат відрізний TTMC CS 275	66500	1,1			III	$\frac{4,5}{4,4}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Зеніт Профі 3КШ-125/1150 pc	2121	1,9	диск відрізний Metabo M-Calibur 125×1,6×22,2	115	II	$\frac{4,2}{3,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-зварювальний стапель	554400		молоток зубило	441 322	IV	$\frac{5,6}{4,9}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат MegaTec PRO MIG 500FW	181000				IV	$\frac{4,6}{4,3}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Зеніт Профі 3КШ-125/1150 pc	2121	1,9	диск відрізний Metabo M-Calibur 125×1,6×22,2 молоток	115 441	II	$\frac{4,3}{3,4}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Дефектоскоп ультразвуковий A1214 Expert	195000		лупа Magnifier, 50 мм 5x	145	VI	2,9
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Електроталь	69000	5			III	2,8

Штучна норма часу:

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

по проекту 27,6;

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

по проекту 2,8.

Загальна штучна норма часу: по заводу 33,3;

по проекту 30,4.

Для виготовлення рами підмоторної для газотурбінної електростанції застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [9, с.8]:

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

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 [9, с.9]:

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

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

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

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами підмоторної для газотурбінної електростанції:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [9, с.13]:

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

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

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

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

Приймаємо дві електроталі для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
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 [9, с.13]:

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

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 4000$ шт;

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

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

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість робітників для виконання очищення:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

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

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	3	3	III	III
різальники	3	3	III	III
очищувальники	3	2	II	II
складальники	4	3	III	III
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	II	II

Продовження таблиці 4.3

контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	2	2	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	30	27	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн			
					на один виріб		на програму	
З/П	Сталь 09Г2С	кг	56,2	56,08	16129,4	16094,96	64517600	64379840
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	154,5	154,3	3553,5	3548,9	14214000	14195600
З/П	Захисна суміш МІХ-1 – Аг 82% +СО ₂ 18%)	кг	36,45	36,25	421,36	419,05	1685448	1676200
Р-ом					20104,26	20062,91	80417048	80251640

Продовження таблиці 4.4

В- нт	Транспортно-заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	% ц. куп	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
3/П	5	2,81	2,8	806,47	804,75	3225880	3218992	108	108	432000	432000
3/П	5	7,73	7,72	177,68	177,45	710700	709780				
3/П	5	1,82	1,81	21,07	20,95	84272,4	83810				
Р-ом		12,36	12,33	1005,21	1003,15	4020852,4	4012582	108	108	432000	432000

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 [9, с.16]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [9, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, с.16]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [9, с.17]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 2,4 \cdot 56,5 \cdot 4,4 = 596,64 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 596,64 \cdot (0,2 + 0,15) = 208,82 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 596,64 \cdot 0,4 = 238,66 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 2,4 \cdot 56,5 \cdot 4,2 = 569,52 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 569,52 \cdot (0,2 + 0,15) = 199,33 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 569,52 \cdot 0,4 = 227,81 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 2,2 \cdot 59 \cdot 4,5 = 584,1 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 584,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,44 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 584,1 \cdot 0,4 = 233,64 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 2,2 \cdot 59 \cdot 4,4 = 571,12 \text{ грн};$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$З_{до} = 571,12 \cdot (0,2 + 0,15) = 199,89 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 571,12 \cdot 0,4 = 228,45 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,8 \cdot 58 \cdot 4,2 = 682,08 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 682,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 238,73 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 682,08 \cdot 0,4 = 272,83 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,8 \cdot 58 \cdot 3,5 = 568,4 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 568,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 198,94 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 568,4 \cdot 0,4 = 227,36 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,1 \cdot 58,5 \cdot 5,6 = 687,96 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 687,96 \cdot (0,2 + 0,15) = 240,79 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 687,96 \cdot 0,4 = 275,18 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,1 \cdot 58,5 \cdot 4,9 = 601,97 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 601,97 \cdot (0,2 + 0,15) = 210,69 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 601,97 \cdot 0,4 = 240,79 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,5 \cdot 59,5 \cdot 4,6 = 684,25 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 684,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 239,49 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 684,25 \cdot 0,4 = 273,7 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,5 \cdot 59,5 \cdot 4,3 = 639,63 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 639,63 \cdot (0,2 + 0,15) = 223,87 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 639,63 \cdot 0,4 = 255,85 \text{ грн.}$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,9 \cdot 58,5 \cdot 4,3 = 729,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 729,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 255,32 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 729,5 \cdot 0,4 = 291,8 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,9 \cdot 58,5 \cdot 3,4 = 576,81 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 576,81 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,88 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 576,81 \cdot 0,4 = 230,72 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 3,5 \cdot 62,5 \cdot 2,9 = 634,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 634,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 222,03 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 634,38 \cdot 0,4 = 253,75 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 3,8 \cdot 58 \cdot 2,8 = 617,12 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 617,12 \cdot (0,2 + 0,15) = 215,99 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 617,12 \cdot 0,4 = 246,85 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [9, с.16]:

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

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).

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 2 \cdot 69,3 \cdot 1850 = 256410 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 256410 \cdot 0,35 = 89743,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 256410 \cdot 0,4 = 102564 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 69,3 \cdot 1850 = 256410 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 256410 \cdot 0,35 = 89743,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 256410 \cdot 0,4 = 102564 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 69,3 \cdot 1850 = 128205 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 128205 \cdot 0,35 = 44871,75 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 128205 \cdot 0,4 = 51282 \text{ грн}.$$

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[9, с.17]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

$$З_{оп} = 1 \cdot 17850 \cdot 12 = 214200 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 214200 \cdot 0,35 = 74970 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 214200 \cdot 0,4 = 85680 \text{ грн}.$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 14100 \cdot 12 = 169200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 169200 \cdot 0,35 = 59220 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 169200 \cdot 0,4 = 67680 \text{ грн}.$$

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 заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	452849,76	432265,68	158497,42	151292,99	181139,9	172906,27
різальники	443331,9	433480,08	155166,17	151718,03	177332,76	173392,03
очишувальники	517698,72	287610,4	181194,55	100663,64	207079,49	115044,16
складальники	696215,52	456891,44	243675,43	159912	278486,21	182756,57
зварювальники	519345,75	485475,38	181771,01	169916,38	207738,3	194190,15
зачишувальники	553686,7	291865,86	193790,35	102153,05	221474,68	116746,34
контролери	320993,75		112347,81		128397,5	
транспортувальники	312262,72		109291,95		124905,09	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	256410		89743,5		102564	
ремонтники	256410		89743,5		102564	
електрики	128205		44871,75		51282	
ІТР	214200		74970		85680	
МОП	169200		59220		67680	
Разом	4840809,83	4045270,3	1694283,44	1415844,61	2909527,68	2591311,87

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:	20104,26	20062,91
сталь 09Г2С	16129,4	16094,96
зв. дріт Св-08Г2С	3553,5	3548,9
захисна суміш МІХ-2 (Ar 81% +CO ₂ 18%+ O ₂ 1%)	421,36	419,05
Поворотні відходи	108	
Паливо та енергія на технологічні цілі	635	634,92
Основна заробітна плата основних робітників	954,1	755,21
Додаткова заробітна плата основних робітників	333,93	264,32
Премії та надбавки основних робітників	381,64	302,09
Відрахування на соціальне страхування	23,38	18,5
Відрахування на медичне страхування	41,74	33,04
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	432,69	432,69
Цехові (дільничні) витрати	258,8	258,8
Всього цехова собівартість	23057,54	22654,48

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.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
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
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	66500	66500	3325	3325
очищувальне	3	2	2121	2121	106,05	106,05
складальне	4	3	554400	554400	27720	27720
зварювальне	3	3	181000	181000	9050	9050
зачищувальне	3	2	2121	2121	106,05	106,05
контрольне	2	2	195000	195000	9750	9750
транспортне	2	2	69000	69000	3450	3450
Інструменти:						
молоток	7	5	441	441	22,05	22,05
зубило	4	3	322	322	16,1	16,1
диск зачисний	6	4	115	115	5,75	5,75
рулетка	3	3	287	287	14,35	14,35
рисувалка	3	3	86	86	4,3	4,3
лінійка	3	3	178	178	8,9	8,9
маркер	3	3	47	47	2,35	2,35
лупа	2	2	145	145	7,25	7,25
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	6250000	6250000	5	312500	312500
Устаткування:					
різальне	202825	202825	8	16226	16226
очищувальне	6469,05	4348,05	8	517,524	347,844
складальне	2245320	1690920	7	157172,4	118364,4
зварювальне	552050	552050	6,5	35883,25	35883,25
зачищувальне	6469,05	4348,05	8	517,524	347,844
контрольне	399750	399750	6	23985	23985
транспортне	141450	141450	7	9901,5	9901,5
Інструменти:			16		
молоток	3109,05	2227,05		497,448	356,328
зубило	1304,1	982,1		208,656	157,136
диск зачисний	695,75	465,75		111,32	74,52
рулетка	875,35	875,35		140,06	140,06
рисувалка	262,3	262,3		41,97	41,97
лінійка	542,9	542,9		86,86	86,86
маркер	143,35	143,35		22,94	22,94
лупа	297,25	297,25		47,56	47,56
Разом	9811563,15	9251487,15		557860	518483,21

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [9,с.26]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=28737,34$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=27853,99$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=23057,54$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=22654,48$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((28737,34 + 0,15 \cdot 23057,54) - (27853,99 + 0,15 \cdot 22654,48)) \cdot 4000 = 3775236 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [9,с.27]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=101483880$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=99350920$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [9,с.26]:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E_{yp} = 4000 \cdot (28737,34 - 27853,99) = 3533400 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{101483880 - 99350920}{3533400} = 0,6 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	4000	4000
Кількість технологічного устаткування	шт	12	11
Собівартість товарної продукції	грн	28737,34	27853,99
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	30	27
- основних робітників	чол	23	20
Фондомісткість продукції	грн/шт	23057,54	22654,48
Умовна річна економія	грн	-	3533400
Річний економічний ефект	грн	-	3775236
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,6
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	21926,52	20929,86
- різальники	грн	21465,68	20988,66
- очищувальники	грн	25066,44	20888,7
- складальники	грн	25282,53	22122,21
- зварювальники	грн	25146,19	23506,22
- зачищувальники	грн	26808,94	21197,77
- контролери	грн	23313,28	23313,28
- транспортувальники	грн	22679,16	22679,16

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів

Частотні та спектральні діапазони електромагнітних випромінювань і електромагнітних полів, які генеруються електрозварювальним обладнанням, силовими ланцюгами, трансформаторами тощо досить широкі. І якщо аналізу складу аерозольного забруднення повітря робочої зони електрозварювальника та захисту електрозварювальників від його негативного впливу у виробничих умовах увага досить часто приділяється, то, зазвичай, вплив на здоров'я працівників електромагнітних випромінювань і полів, а також їх рівень не досліджуються.

В Україні гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань регламентують «Державні санітарні норми та правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» [10]. Нормуванню підлягають електромагнітні випромінювання та поля в діапазоні частот 50 Гц – 300 ГГц. Характерно, що у діапазоні частот 50 Гц – 300 МГц нормуються напруженість електричної складової електромагнітного поля E , В/м та напруженість магнітної складової електромагнітного поля H , А/м, а в діапазоні частот 300 МГц – 300 ГГц нормується густина потоку енергії, Вт/м². Нормується також гранично допустиме енергетичне навантаження $(В/м)^2 \times год$.

Загалом контролювати рівень електромагнітного випромінювання на робочих місцях зварювальників потрібно не рідше 1 разу на рік. Введення в дію нових моделей електрозварювального обладнання також повинне супроводжуватися вимірюваннями рівнів електромагнітного випромінювання на робочих місцях. Такі ж дії потрібно виконувати при зміні умов праці на робочому місці, які можуть відобразитись на її безпечності, впливаючи на величину електромагнітного поля або на величину електромагнітних випромінювань.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Захист персоналу від впливу ЕМП досягається шляхом проведення організаційних, інженерно-технічних заходів, а також використанням засобів індивідуального захисту.

До організаційних заходів відносяться: вибір раціональних режимів роботи установок, обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні опромінення і т. ін.

Інженерно-технічні заходи включають раціональне розміщення устаткування, використання засобів, що обмежують проникнення електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглинаючі матеріали, екранування і т. ін) [11, с.136].

До основних заходів щодо захисту від ЕМП відносяться: захист часом, захист відстанню, екранування джерел випромінювання, зменшення потужності випромінювання в самому джерелі випромінювання, виділення зон випромінювання, екранування робочих місць, застосування засобів індивідуального захисту.

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні і застосовується лише тоді, коли немає можливості знизити інтенсивність випромінювання до допустимих значень [11, с.137].

Захист відстанню застосовується лише в тому випадку, коли немає іншої можливості послабити дію ЕМП іншими заходами, в тому числі і захистом часом. У цьому випадку збільшують відстані між випромінювачем ЕМП і персоналом. Допустима відстань до джерела ЕМП, що забезпечує гранично допустимі значення інтенсивності випромінювання обов'язково перевіряється експериментальними вимірюваннями рівнів ЕМП на робочих місцях [11, с.137].

Зменшення потужності випромінювання в самому джерелі випромінювання повинно, перш за все, бути реалізовано шляхом обмеження їх потужностей значеннями, необхідними для виконання ними своїх функцій.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цього також застосовуються спеціальні пристрої: поглиначі потужності, атенюатори, бронзові прокладки між фланцями хвелеводів і т. ін. [11, с.137].

Для кожної установки, що випромінює ЕМП вище гранично допустимих значень, повинні виділятися зони, в яких інтенсивність випромінювання є небезпечною для людини. Границі таких зон, де інтенсивність ЕМП може перевищувати гранично допустимі рівні, визначають експериментально для кожного конкретного випадку розміщення установки чи апаратури під час їх роботи на максимальну потужність випромінювання. Крім того, у відповідності стандарту небезпечні зони випромінювання із інтенсивністю ЕМП більше гранично допустимих рівнів огорожуються і встановлюються попереджуючі знаки з написом: «Не заходити, небезпечно!». Також, у разі необхідності, ці зони можна додатково позначати по границях широкими червоними лініями на підлозі приміщення чи територій, а також застосовувати попереджувальну сигналізацію [11, с.137].

Для зменшення опромінення персоналу ЕМП відповідно до вимог ДСНіП №476-2002 зони випромінювання ЕМП розташованих поруч установок не повинні перекриватися або ці установки повинні працювати на випромінювання в різний час [11, с.137].

Екранування джерел випромінювання застосовують для зниження інтенсивності ЕМП на робочих місцях. Необхідно підкреслити, що захист екрануванням вважається основним та найбільш ефективним методом захисту [11, с.137-138].

Поглинання ЕМП в екрані збільшується зі зростанням частоти поля, товщини, магнітної проникності і провідності матеріалу екрану, а відбиття в основному визначається невідповідністю хвильових характеристик повітря і матеріалу екрану. Саме тому відбиваючі екрани, як правило, і виготовляються з металів, оскільки вони мають хвильові опори, що істотно відрізняються від хвильового опору повітря.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

За конструктивним виконанням відбиваючі екрани поділяються на суцільні та сітчасті [11, с.138].

Суцільні екрани виготовляються з листів міді, алюмінію та деяких марок сталі. З метою підвищення провідності екрану, а отже, наскрізного згасання, екрани з боку випромінювача покривають шаром срібла. Місце встановлення і форма екрану визначаються взаємним розташуванням випромінюючих елементів (антен) і робочих місць та орієнтацією їх діаграм спрямованості.

Засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) слід користуватися у тих випадках, коли застосування інших способів запобігання впливу електромагнітного випромінювання неможливе. В якості ЗІЗ застосовують радіозахисний одяг та окуляри. У якості матеріалу для радіозахисного одягу застосовується спеціальна радіотехнічна тканина, що побудована за принципом сітчастого екрану і представляє собою бавовняну тканину з мікродротом. В структурі такої тканини тонкий мідний дріт скручений з бавовняними нитками, які захищають його від зовнішніх впливів і одночасно є ізоляцією. Послаблення ЕМП поля цією тканиною в діапазоні частот 600-10000 МГц становить від 40 до 20 дБ [11, с.138].

При інтенсивному опроміненні обличчя ЕМП застосовуються радіозахисні окуляри, які використовуються окремо або вшиті в шолом костюма. Це можуть бути сітчасті окуляри, які мають конструкцію напівмасок з мідною або латунною сіткою, або скляні захисні окуляри(наприклад ОРЗ-5), у яких застосовується спеціальне радіозахисне скло, вкрите двооксидом олова. Захисні властивості таких окулярів оцінюються на підставі даних про загальне послаблення застосованого скла, яке, як правило, знаходиться в межах 25-35дБ [11, с.139].

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Безпека праці під час виготовлення рами підмоторної для газотурбінної електростанції

Технологічний процес виготовлення рами підмоторної для газотурбінної електростанції повинен виконуватися із дотриманням санітарно-гігієнічних умов і обов'язкових заходів щодо техніки безпеки, які регламентуються «Системою стандартів безпеки праці», «Будівельними державними нормами» (ДНБ, СНіП), правилами техніки безпеки і виробничої санітарії при виконанні окремих видів робіт, правилами безпечної експлуатації окремих видів устаткування, єдиним вимогам безпеки до конструкцій устаткування, різними інструкціями, вказівками та іншими документами [12]. Всі особи, що поступають на роботу, пов'язану із зварюванням, повинні проходити попередні і періодичні медичні огляди.

Основними професійними захворюваннями зварників є пневмоконіоз і інтоксикація марганцем, характер розвитку яких і важкість залежать від концентрації і вмісту аерозолію в зоні дихання зварника.

Міністерством охорони здоров'я України встановлені норми допустимих концентрацій (ДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони і кількість повітря, необхідна для розчинення шкідливих аерозолів до ДК.

Швидкість руху повітря біля джерел виділення шкідливих речовин повинна бути в межах норми.

Найбільшу небезпеку для здоров'я зварників представляють з'єднання хрому, марганцю, фтору, а також озон. Незалежно від складу аерозолів їх сумарна концентрація в зоні дихання зварника не повинна перевищувати 8,0мг/м³.

Стан ізоляції проводів повинен відповідати правилам пристрою електроустановок (ПЕУ). Опір ізоляції перевіряється не рідше один раз на місяць, а стан рухомих контактів і клем – не рідше один раз на три дні. Напруга холостого ходу на затискачах генератора або трансформатора не повинна

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

перевищувати 110 В для машин постійного струму і 70 В для машин змінного струму [13].

Зварювальні машини повинні знаходитися під спостереженням фахівців. Установлення і ремонт їх повинні проводити тільки електромонтери. Всі установки, призначені для зварювання в особливо небезпечних умовах (всередині металевих ємкостей, при зовнішніх роботах), повинні бути забезпечені пристроями автоматичного відключення напруги холостого ходу або обмеження його до напруги 12 В, з витримкою часу не більше 0,5 с.

Корпуси зварювальної апаратури і джерел живлення необхідно заземляти. Крім того, обов'язково повинен бути заземлений зварюваний виріб. Устаткування електрозварювання пересувного типу, захисне заземлення якого представляє труднощі, повинне бути забезпечене пристроєм захисного відключення.

При появі напруги на частинах апаратури і устаткуванні, що не є струмоведучими, необхідно припинити зварювання, викликати майстра або чергового електрика.

Перед під'єднанням зварювальної установки слід провести зовнішній огляд, звернувши увагу на стан контактів і заземлюючих провідників, наявність і справність захисних засобів. При виявленні несправностей включати установку забороняється. Всі електрозварювальні установки забезпечуються пусковими реостатами і вимірювальними приладами для безперервного контролю за роботою. Пристрої для перемикачів повинні бути захищені кожухами, але мати вільний підхід. Електрозварювальні установки повинні забезпечуватися схемами і інструкціями, що пояснюють призначення кожного приладу і його дію.

Таким чином, в процесі виробництва рам підмоторних для газотурбінних електростанцій обов'язковою умовою є дотримання вимог охорони праці на зварювальній ділянці, яке займає важливе місце, тому що від цього залежить організація технологічних процесів і здоров'я робітників, які там знаходяться.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Вдосконалення технологічного процесу виготовлення підмоторної рами для газотурбінної електростанції здійснювалося шляхом впровадження таких рішень: застосування напівавтоматичного зварювання у газовій суміші MIX-1 (аргон – 82%, вуглекислий газ – 18%), що забезпечує надійний захист зварювальної ванни та зменшує розбризкування електродного металу, модернізація затискних пристроїв, використання сучасного виробничого обладнання.

Підмоторна рама виготовляється з конструкційної низьколегованої сталі 09Г2С. Зварювання виконують напівавтоматичним способом у захисній газовій суміші з використанням дроту Св-08Г2С діаметром 1,4 мм. Як обладнання застосовується напівавтомат MegaTec PRO MIG 500FW. Розрахунок еквівалентного вмісту вуглецю показав, що для сталі 09Г2С необхідний попередній підігрів до 350 °С, що дозволяє знизити ризик утворення тріщин.

Складально-зварювальні операції виконуються із застосуванням спеціального стапеля, що забезпечує прискорення процесів складання та зварювання.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 09Г2С. Довідник. Сталі низьколеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-09g2s/> (дата звернення: 21.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Зварювальний напівавтомат MegaTec PRO MIG 500FW. Обладнання для зварювання: веб-сайт. URL: https://gradient.ua/zvariuvalniy-napivavtomat-megatec-pro-mig-500fw/?srsltid=AfmBOoocoJ-B4uhKL8W_ZDRSQCA3IGCs1stcIxKn5jVwSkSoF-bm7ZXQ (дата звернення: 25.05.2026).
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).
8. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

національного технічного університету: веб-сайт. URL:
https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=254263 (дата звернення:
02.06.2026).

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

10. Bolte J.F.B., Pruppers M.J.M. Electromagnetic fields in the working environment. Ministry of Social Affairs and Employment (SZW) report (2006). 175 р.

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

12. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

13. Перевірка опору ізоляції. Електротехнічна лабораторія: веб-сайт. URL: <https://lab.uis.zp.ua/product/perevirka-oporu-izolyatsiyi-provodiv-kabeliv/> (дата звернення: 11.06.2026).

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		