

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
опори контактної мережі

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

Руслан ЗЕМБА

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

ЗЕМБІ Руслану Тадейовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
опори контактної мережі

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 Інструкції з охорони праці та послідовність їх розробки

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виготовлення опори контактної мережі

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення опори контактної мережі – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення опори контактної мережі – 1.0 (форм. А3)

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

4. Складальне креслення роликового станду Т-30 – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Руслан ЗЕМБА

(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 опори контактної мережі 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 catenary support manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	10
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	10
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	12
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	12
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	13
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	14
1.3.4 Вимоги до складання	15
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	16
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	19
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	21
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	23
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	28
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	30
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	32
2.6.1 Заготівельні операції	32
2.6.2 Складальні операції	32
2.6.3 Складально-зварювальні операції	33

					<i>КР.422.09.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Земба				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення опори контактної мережі Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк						4	71
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	34
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	34
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	34
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	35
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	38
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	38
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	40
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	42
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	47
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	50
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	51
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	56
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	57
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	58
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	61
5.1	Інструкції з охорони праці та послідовність їх розробки	.	.	.	.	.	61
5.2	Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки						
	під час виготовлення опори контактної мережі	.	.	.	.	.	64
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	68
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	69
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	71

ВСТУП

Зварювання – це не просто технологічний процес, а цілий спектр високотехнологічних рішень, що охоплює найрізноманітніші методи та сфери застосування. Воно включає електродугове зварювання в середовищі вуглекислого газу, аргону, гелію, використання високотемпературної плазми, електронного та лазерного променя, а також зварювальні роботи з програмним управлінням. Сучасні технології передбачають застосування герметичних камер із контрольованим середовищем, де зварник працює у спеціальному костюмі-скафандрі, а також контактних машин, здатних за один цикл з'єднувати цілі вузли автомобілів точковим зварюванням. Активно розвиваються інноваційні методи зварювання, такі як дифузійне, холодне та вибухове зварювання, при яких метал не плавиться, а з'єднання відбувається на атомному рівні.

Завдяки зварюванню виконуються складні хірургічні втручання, створюється високоточне обладнання та апаратура, зварюються деталі для ізотопних і радіоактивних апаратів, двошарові сталі та сплави, а також здійснюється зварювання в екстремальних умовах – під водою та в космосі. Можливості зварювання практично не мають меж, і його роль у сучасному виробництві, медицині та науці продовжує зростати.

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

У сучасних умовах рівень механізації та автоматизації зварювального виробництва постійно зростає, що сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню організації технологічного процесу та зростанню загальної культури виробництва.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вітчизняні заводи та конструкторські бюро відіграють важливу роль у розвитку металургійної бази обладнання та пристосувань, активно займаючись розробкою та вдосконаленням технічних засобів для зварювального виробництва.

Досягнення високої якості продукції потребує постійного вдосконалення технічної бази виробництва та суттєвого оновлення оснащення підприємств сучасними видами обладнання. Важливим напрямом є розробка та впровадження передових технологій, здатних забезпечити конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

У цьому контексті необхідно реалізувати невідкладні заходи щодо модернізації системи управління виробничими процесами, а також розробки та промислового освоєння нової техніки, що сприятиме підвищенню ефективності діяльності науково-технічних організацій і загальному прогресу галузі.

Розроблена нова техніка має бути не лише технічно досконалою, а й економічно обґрунтованою. Кожен технічний об'єкт повинен супроводжуватись чіткою оцінкою ефективності на всіх етапах – від розробки до виробництва та експлуатації. Усі прийняті науково-технічні рішення мають бути економічно доцільними, з урахуванням витрат, ресурсної ефективності та очікуваних результатів.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виріб є опорою контактної мережі, що виконує несучу функцію в умовах експлуатаційного навантаження. З метою забезпечення високої жорсткості та міцності конструкції, для її виготовлення застосовується сталь марки Сталь 20.

Опори контактної мережі призначені для підвіски елементів електричної інфраструктури міського транспорту, а також для прокладання самонесучого ізолюваного проводу (СПП). Крім того, вони широко використовуються для функціонального освітлення відкритих міських просторів – площ, транспортних розв'язок, доріг з різною інтенсивністю руху, а також набережних, алей і бульварів.

Опори контактної мережі, залежно від функціонального призначення, поділяються на кілька типів: підтримуючі – включають проміжні та перехідні опори, які забезпечують стабільну підвіску контактного проводу вздовж траси та підтримують його геометрію; анкерні – сприймають механічні навантаження, зумовлені натягом проводів, і забезпечують їх надійне закріплення в кінцевих або критичних точках мережі; фіксуючі – утримують контактні проводи у заданому положенні відносно осі струмознімача електричного рухомого складу, що забезпечує стабільність струмознімання; фідерні – призначені для підвіски проводів живильних ліній, які подають електроенергію до контактної мережі.

За конструктивними особливостями опори контактної мережі поділяються на: самонесучі, з відтяжками та консольні. Залежно від умов експлуатації та призначення, опори виготовляють із різних матеріалів: залізобетону, сталі і дерева (тимчасові).

У даній конструкції опора контактної мережі (рис. 1.1) виготовляється з круглих металевих труб діаметром $\varnothing 273 \times 10$ мм та $\varnothing 158 \times 5$ мм. До складу опори також входить опорний фланець, який виконує функцію з'єднувального

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

					<i>KP.422.09.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Основні технічні вимоги, що висуваються до виробу та процесу його зварювання, передбачають точне дотримання розмірів деталей, а також контроль параметрів режиму зварювання, які мають забезпечувати високу якість зварних з'єднань. Режим зварювання визначається відповідно до типу з'єднання, товщини зварюваних елементів, марки сталі, а також властивостей зварювальних матеріалів, і має відповідати встановленим нормативним вимогам. Після завершення зварювання, зварні шви повинні бути ретельно очищені від шлаку, що є обов'язковою умовою для забезпечення довговічності конструкції.

Грунтування і фарбування виробу дозволяється виконувати лише після його приймання контролем якості, що гарантує відповідність конструкції технічним вимогам. Правлення виробу після зварювання допускається за умови збереження міцності зварних з'єднань, без порушення їх структурної цілісності та експлуатаційних характеристик. На виробі обов'язково повинно бути тавро відповідальної особи – зварника чи бригадира, що підтверджує якість робіт.

Інші технічні вимоги щодо виготовлення, обробки та контролю вказуються на робочих кресленнях, згідно з нормативною документацією.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення опори контактної мережі застосовується сталь марки Сталь 20 – якісна конструкційна вуглецева сталь, яка поєднує міцність, технологічність і надійність. Залежно від виробничих потреб, вона може поставлятися у вигляді: кованої заготовки, каліброваного і гарячекатаного прокату.

Залежно від вимог, які пред'являються до механічних властивостей класифікують 5 категорій:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Сталь першої категорії охоплює всі види обробки (кована, гарячекатана, калібрована тощо), які не підлягають випробуванням на ударну в'язкість та розтягнення.

Сталь другої категорії охоплює нормалізовані зразки всіх видів обробки розміром 25 мм, які підлягають обов'язковим випробуванням на ударну в'язкість та розтяг.

Сталь третьої категорії передбачає проведення випробувань на розтягнення на зразках із нормалізованої сталі розміром від 26 до 100 мм.

Сталь четвертої категорії передбачає проведення випробувань на розтягнення та ударну в'язкість на зразках, виготовлених із термічно оброблених заготовок розміром не більше 100 мм. Вимоги, встановлені для третьої та четвертої категорії, поширюються на якісну сталь, незалежно від способу її обробки – калібровану, гарячекатану або ковану.

Сталь п'ятої категорії підлягає випробуванням на розтяг, які проводяться на зразках із каліброваної термічно обробленої сталі.

Хімічний склад Сталі 20 представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад Сталі 20 [2]

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

Механічні властивості даної сталі, приведені в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 - Механічні властивості Сталі 20

Границя текучості, σ_{02} , МПа	Границя міцності σ_B , МПа	Відносне видовження, δ_5
215	410	25

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є зварюваність – здатність матеріалу утворювати якісне з’єднання при дотриманні встановленої технології зварювання. Це з’єднання повинно відповідати вимогам, що визначаються конструктивними особливостями виробу та умовами його експлуатації. Поняття технологічної зварюваності охоплює ступінь відповідності властивостей зварного з’єднання властивостям основного металу, зокрема міцності та пластичності.

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{екв}$ [3, с.127]:

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

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

Отже:

$$C_{екв} = 0,24 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,25}{10} + \frac{0,25}{5} + \frac{0,25}{15} = 0,446 \text{ \%}.$$

Еквівалентний вміст вуглецю в сталі не перевищує 0,45 %, що свідчить про її добру зварюваність. Завдяки цьому матеріал можна зварювати всіма поширеними методами без необхідності застосування допоміжних технологічних операцій, таких як попереднє або супутнє підігрівання під час виконання зварювальних робіт.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для досягнення високої якості зварних з’єднань необхідно застосовувати сертифіковані та якісні матеріали. Оцінка якості матеріалів і напівфабрикатів здійснюється на основі сертифікатів відповідності, які підтверджують їхні технічні характеристики та придатність до зварювання. У випадках, коли матеріали мають зовнішні дефекти або відсутні сертифікати, їх

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

допуск до виробництва можливий лише після проведення додаткових перевірок.

Напівфабрикати та готові деталі повинні зберігатися в закритих, сухих приміщеннях, що забезпечують захист від атмосферних впливів. Поверхневі дефекти, такі як подряпини, вм'ятини чи нерівності, сприяють накопиченню вологи та забруднень, що, у свою чергу, прискорює процес корозії та значно знижує стійкість металу до агресивного середовища. Для підвищення корозійної стійкості необхідно забезпечити високу чистоту поверхні, а також ретельне згладжування дрібних нерівностей, що мінімізує ризик утворення іржі.

Усі матеріали та напівфабрикати, що використовуються у виробництві, повинні супроводжуватись сертифікатами якості постачальника або паспортами виробу, які підтверджують їх відповідність технічним вимогам. У разі відсутності сертифікатів, матеріали не можуть бути допущені до виробничого процесу без проведення попередніх випробувань, спрямованих на встановлення їх якості та придатності до використання. Якість матеріалів – це ключова характеристика, яка має бути офіційно підтверджена виробником у відповідній документації. Якщо така документація відсутня, заводська лабораторія зобов'язана надати результати аналізу, що засвідчують відповідність матеріалу встановленим нормам.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Шорсткість поверхні – це технологічна характеристика, яка описує мікронерівності поверхні, що виникають у процесі обробки матеріалу. Вона виражається числовими показниками, які визначають ступінь відхилення реального профілю поверхні від ідеально гладкої геометричної форми на певній базовій довжині.

Міцність деталей значною мірою залежить від шорсткості їх поверхні, оскільки мікронерівності можуть стати осередками концентрації напружень,

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

особливо при дії змінних або циклічних навантажень. Саме ці нерівності сприяють локальному перевищенню допустимих механічних навантажень, що може призвести до передчасного руйнування конструкції.

Основні вимоги до обробки поверхні деталей включають наступні положення:

1) зниження шорсткості поверхні сприяє зменшенню ризику утворення поверхневих тріщин, особливо при дії циклічних навантажень, що викликають втому металу;

2) точне дотримання розмірів деталей відповідно до робочих креслень у межах встановлених допусків;

3) низька шорсткість поверхні також необхідна для покращення зовнішнього вигляду виробу, а також для зручності очищення та підтримання чистоти.

Під час проектування та виготовлення опори контактної мережі необхідно забезпечити точне дотримання геометричних розмірів і форми виробу, відповідно до конструкторської документації. Виконання цього завдання забезпечується шляхом встановлення комплексу технологічних вимог, серед яких ключовими є:

- проектування конструкції з урахуванням технологічних особливостей виробництва;
- коректне оформлення зварних з'єднань, з урахуванням способу їх обробки, форми підготовки кромки, а також допусків на розміри;
- дотримання технологічного процесу, спрямованого на запобігання виникненню внутрішніх напружень і деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Під час виготовлення опори контактної мережі її конструкція та розміщення зварних з'єднань повинні бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість виконання зварювальних робіт відповідно до встановлених технологічних вимог;
- вільний доступ для розміщення нагрівальних пристроїв, у разі необхідності місцевого підігрівання;
- зручність проведення контролю якості зварних з'єднань із застосуванням передбачених методів;
- можливість виконання ремонтних робіт, включаючи доступ до зварних швів та конструктивних елементів.

Зварні з'єднання конструкції повинні, як правило, відповідати механічним властивостям основного металу, з якого виготовлено виріб. Для цього встановлюються мінімально допустимі показники, що гарантують надійність і довговічність з'єднань.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання деталей і вузлів перед зварюванням слід виконувати у спеціалізованих зварювально-складальних пристосуваннях, стендах або установках, які забезпечують точність геометрії, стабільність фіксації та якісне формування зварних з'єднань. При цьому розміри основних елементів, що визначають габарити вузлів і всієї конструкції, необхідно задавати з урахуванням термічної усадки металу.

Для визначення основних розмірів складально-зварювальних пристосувань, стендів та установок необхідно враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання окремих вузлів і конструкції в цілому.

Прихоплення елементів конструкції слід здійснювати в строго визначених точках і у встановленій послідовності, відповідно до технологічного процесу.

Під час складання конструкції перед зварюванням необхідно ретельно очищати основний метал у зонах зварювання від іржі, мастила, вологи,

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

окалини та інших забруднень, які можуть негативно вплинути на якість з'єднання.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Висока якість зварної конструкції досягається за умови дотримання комплексу технологічних вимог, зокрема:

- на етапі проектування необхідно проводити аналіз технологічності конструкції;
- забезпечення стабільних параметрів режиму зварювання;
- точність складання елементів конструкції згідно з кресленнями та допусками;
- використання виключно сертифікованих і якісних матеріалів;
- проведення контролю якості зварювання із застосуванням відповідних методів;
- недопустимість наявності дефектів у зварних швах.

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

У процесі виготовлення опори контактної мережі застосовуються заготовки з труб різного діаметра, а також елементи з листового прокату, що забезпечує необхідну конструктивну форму.

Технологічний процес виготовлення опори контактної мережі включає низку основних виробничих операцій, які забезпечують послідовне формування конструкції та її відповідність технічним вимогам.

Заготовки для виготовлення опори контактної мережі повинні відповідати ряду вимог, що забезпечують ефективність та якість зварювального процесу:

					<i>КР.422.09.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- бути придатними для зварювання у складально-зварювальних пристосуваннях;
- забезпечувати вільний доступ до зон зварювання;
- дозволяти зварювання у нижньому положенні, яке є найбільш технологічно зручним;
- мати розміщення зварних швів на ділянках, не підданих значним пластичним деформаціям під час попередніх операцій;
- забезпечувати досягнення проектних розмірів, передбачених кресленням, а також можливість контролю їх точності.

Для виготовлення опори контактної мережі застосовується напівавтоматичне дугове зварювання в середовищі вуглекислого газу, яке. Зварювальні роботи виконуються за допомогою інверторного напівавтомата Дніпро-М MIG/MMA-250, призначеного для механізованого зварювання.

Зварювання виробу здійснюється на постійному струмі прямої полярності. Відстань між торцем зварювального дроту та поверхнею деталі становить 1–3 мм, а кут нахилу дроту – приблизно 75°. Такий режим забезпечує стабільність процесу та формування якісного зварного шва. Робота виконується методом «кутом назад» із застосуванням зварювального дроту Св-08А діаметром 1,4 мм, масою 5 кг.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Параметри режиму ручного напівавтоматичного зварювання

Катет шва, мм	5
Діаметр електроду, мм	1,4
Витрати газу л/хв	16
Струм зварювання, А	220

Серед основних недоліків слід зазначити недостатній рівень механізації допоміжних слюсарних операцій, що знижує загальну ефективність виробничого процесу. Крім того, суттєвим недоліком чинної технології зварювання є надмірне розбризкування розплавленого дроту, що характерне для зварювання в середовищі вуглекислого газу.

З огляду на виявлені недоліки, доцільно реалізувати низку заходів, спрямованих на покращення технологічного процесу виготовлення опори контактної мережі:

- оптимізувати процеси різання та очищення заготовок;
- розробити та впровадити сучасну технологію зварювання, яка дозволить підвищити продуктивність та зменшити розбризкування металу, характерне для зварювання у середовищі вуглекислого газу;
- інтегрувати більш автоматизоване обладнання у виробничий процес.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір оптимального способу зварювання для виготовлення даної конструкції здійснюється на основі комплексного аналізу низки ключових факторів, серед яких: технічні та економічні вимоги, зварюваність матеріалу, необхідний рівень продуктивності виробничого процесу, можливість механізації та автоматизації зварювальних операцій, безпечність і екологічна прийнятність.

У процесі виготовлення цієї конструкції вибір способу зварювання обмежується низкою факторів, зокрема просторовим розташуванням зварних швів та обмеженою їх довжиною. Враховуючи конструктивні особливості виробу, для його виготовлення доцільно застосовувати один із таких способів зварювання:

- а) ручне;
- б) механізоване під шаром флюсу;
- в) механізоване в захисних газах;
- г) газове.

Перевагою ручного дугового зварювання є простота обладнання та невисокі витрати на його застосування, що робить цей спосіб економічно вигідним порівняно з іншими методами. Однак він має низку суттєвих недоліків: низьку продуктивність праці, шкідливі умови роботи для зварника, необхідність високої кваліфікації персоналу, відсутність можливості автоматизації процесу, а також високу ймовірність виникнення дефектів у зварних з'єднаннях.

Напіваавтоматичне зварювання під флюсом забезпечує отримання якісних зварних швів завдяки стабільності процесу та ефективному захисту зони зварювання. Однак, як і при ручному дуговому зварюванні, після завершення роботи необхідне видалення шлаку, що ускладнює технологічний

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

процес. Цей метод є доцільним переважно для зварювання швів середньої довжини, тоді як у конструкції опори переважають короткі зварні з'єднання.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низку суттєвих переваг, серед яких – відносно високий рівень автоматизації процесу, висока продуктивність праці, економічна доцільність та якісне формування зварних з'єднань. Відкрита дуга дозволяє зварнику візуально контролювати переміщення дуги та ванни розплавленого металу, що сприяє точності виконання робіт. Крім того, цей метод дає змогу зварювати конструкції в різних просторових положеннях і працювати з металами різної товщини – від тонколистового матеріалу (0,2–0,9 мм) до масивних елементів (10–20 мм).

Водночас технологія має і певні недоліки. Зокрема, інтенсивне розбризкування електродного металу може спричинити забруднення обладнання та робочої зони. Також необхідне джерело постійного струму, а відкритість дуги вимагає обов'язкового застосування засобів захисту від світлового та теплового випромінювання, що впливає на умови праці.

Газове зварювання має низку переваг, серед яких – плавний характер нагріву, що сприяє рівномірному прогріванню матеріалу, а також відсутність потреби в електричному джерелі живлення, що робить процес більш мобільним і доступним. Цей спосіб є простим у реалізації та економічно вигідним, дозволяє зварювати не лише чорні, а й кольорові метали та їх сплави, що розширює сферу його застосування.

Водночас газове зварювання має і суттєві недоліки. Воно є вибухонебезпечним через використання горючих газів, складно піддається механізації та автоматизації, чутливе до зовнішніх факторів – таких як протяги та низькі температури, що можуть негативно впливати на стабільність полум'я. Крім того, цей метод ефективний переважно для зварювання тонких металів, що обмежує його застосування у конструкціях з елементами великої товщини.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Отже, при виготовленні опори контактної мережі застосовується напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, зокрема у газовій суміші МІХ-1, яка складається з 82% аргону та 18% вуглекислого газу.

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

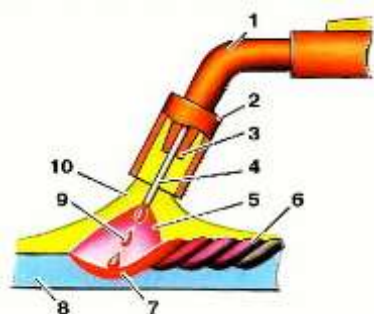


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів

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

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Застосування захисних зварювальних сумішей замість традиційного вуглекислого газу дає змогу суттєво підвищити швидкість зварювання без необхідності змінювати технологію чи переоснащувати обладнання. Це досягається завдяки покращеній стабільності дуги, а також ефективнішому перенесенню та нагнітання металу в зварювальну ванну, що позитивно впливає на якість і надійність зварного шва.

Крім того, використання таких сумішей розширює робочий діапазон регулювання режимів зварювання – як за напругою, так і за струмом. Наприклад, швидкість подачі дроту може зрости з 6–7 м/хв до 12–14 м/хв, що значно підвищує продуктивність. У практичному застосуванні це дозволяє легко перейти до режиму струменевого перенесення металу, завдяки чому формується майже ідеальний зварний шов.

Отже, при виготовленні даної конструкції застосовується захисна газова суміш МІХ-1, що складається з 82% аргону та 18% вуглекислого газу. У процесі напівавтоматичного електродугового зварювання в середовищі захисних газів основним зварювальним матеріалом виступає зварювальний дріт, який подається механізовано в зону дуги. Допоміжним компонентом є захисний газ, що створює інертне середовище навколо дуги та зварювальної ванни, запобігаючи окисненню металу.

Аргон у промисловості добувається з атмосферного повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої основними продуктами є кисень і азот, а аргон отримується як супутній компонент. Це інертний газ, який може постачатися як у газоподібному, так і в рідкому стані, залежно від потреб виробництва.

Відповідно до технічних умов ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання опори використовується газоподібний аргон високої чистоти, з масовою часткою основної речовини не менше 99,998 %.

Для зварювання опори контактної мережі як захисне середовище використовується вуглекислий газ вищого сорту, який характеризується високим ступенем чистоти. Максимально допустимий вміст домішок у такому газі становить не більше 0,2%.

В якості зварювального дроту використовуємо легований дріт марки Св-08Г2С, хімічний склад якого приведений в таблиці 2.1.

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

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

Для підвищення ефективності процесу зварювання та забезпечення високої якості зварного шва, зварювальний дріт марки Св-08Г2С має поставлятися з обмідненою поверхнею. Мідне покриття сприяє стабільному поданню дроту, зменшенню тертя в механізмі подачі, а також покращує електропровідність.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити отримання зварних швів заданих розмірів, форми та якості. З огляду на це, доцільніше не просто обирати режим зварювання, а виконувати його попередній розрахунок з урахуванням конструктивних особливостей виробу. Оскільки зварювання опори контактної мережі здійснюється за допомогою таврових з'єднань, розрахунок режиму проводиться для кутового з'єднання з розміром катета 5 мм. Схематичне зображення кутового з'єднання наведено на рисунку 2.2.

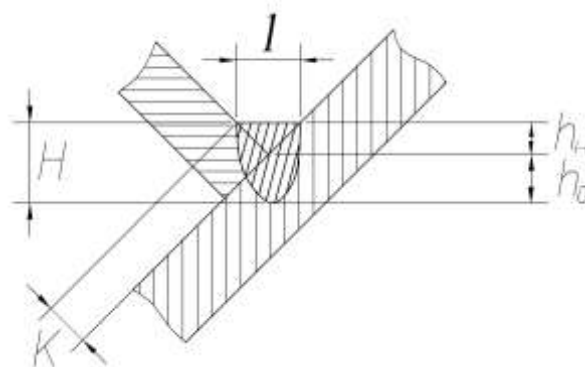


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

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

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

Державний стандарт передбачає зварювання металу у суміші захисних газів з обов'язковим розробленням кромки металу товщиною більше ніж 10 мм. При цьому зменшують кути розроблення до 40° і величину притуплення до 1-2 мм при зазорах 0-5 мм. Стовпкові з'єднання з товщиною елементів від 1 мм до 10 мм рекомендується зварювати одностороннім зварюванням без розроблення кромки.

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]:

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

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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:

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

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

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

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

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

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]:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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, $\alpha_p=12$ г/А×год [5, с.212];

ρ – густина електродного дроту, для сталі $\rho=7.8 \times 10^3$ кг/м³;

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

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

Отже:

$$V_{н.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 220}{1,4393 \cdot 10^{-6} \cdot 7.8 \cdot 10^3} = 220 \text{ м/год.}$$

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

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

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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

Приймаємо $U_{\partial}=29$ В.

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

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

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

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

Приймаємо $V_{\text{зв}}=22$ м/год.

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

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

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

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

що є допустимо.

Витрати захисного газу $Q_r = 16$ л/хв.

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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_d	В	29
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,4
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	22
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	220
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	16

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для виконання напівавтоматичного зварювання в середовищі захисної газової суміші MIX-1 (82% Ar + 18% CO₂) застосовується зварювальний напівавтомат марки Дніпро-М MIG/MAG-250.

Для зварювання телескопічної опори застосовується інверторний напівавтомат марки Дніпро-М MIG/MMA 250, який є універсальним зварювальним апаратом, придатним для виконання широкого спектра робіт. Він дозволяє працювати як зварювальним дротом при постійному струмі, що забезпечує стабільність дуги та якість шва, так і штучними електродами діаметром до 5 мм, що розширює можливості використання апарата в різних умовах.

Особливості зварювального інверторного напівавтомата Дніпро-М MIG/MMA-250 [6]:

1) підвищений ресурс і надійність – досягається шляхом використання силових транзисторів від японського виробника Toshiba зі збільшеною на 30 % потужністю;

2) можливість працювати до 3 годин без перериву – це досягається завдяки трьохплатній конструкції інвертора;

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

3) повітряна система охолодження – тунельного типу знижує імовірність перегрівання апарату і слідує за температурою основних елементів;

4) ресурс інвертора не менше 100 тис. циклів – завдяки напиленню олова на платах і використання реле від виробника Clion;

5) максимально точна подача постійного струму – досягається завдяки силовому випрямлячу, що складається із 8 елементів (по 4 на кожній групі);

6) можливість працювати при пониженій або нестабільній напрузі в мережі – це досягається завдяки мережевому фільтру 1880 мкФ;

7) система «Hot Start» - забезпечує легкий початок роботи інвертором, а також полегшує запалювання електричної дуги;

8) система «Anti Stick» - запобігає прилипанню електродів шляхом різкого зниження зварювального струму [6].

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

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики зварювального інверторного напівавтомата марки Дніпро-М MIG/MMA-250 [6]

Напруга мережі, В	220
Максимальна потужність, кВт	5,2
Номинальний зварювальний струм, А	315
Напруга холостого ходу, В	65
Межі регулювання зварювального струму, А	20-250
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,4
Швидкість подачі зварювального дроту, м/хв	2,5 – 12
Робочий цикл (ПВ), %	60
Тип охолодження	повітряно-примусове
Тип ізоляції	Н
Клас захисту	IP21
Габаритні розміри, мм	330x430x630
Маса, кг	16

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального інверторного напівавтомата марки Дніпро-М MIG/MMA-250 [6]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль зварних з'єднань має на меті виявлення дефектів, визначення їх розмірів, характеру та місця розташування. Така інформація, з одного боку, дозволяє оцінити доцільність та можливість проведення ремонту, а з іншого – встановити причини виникнення дефектів і розробити профілактичні заходи, спрямовані на їх запобігання в майбутньому. У даному випадку доцільно застосовувати такі методи контролю:

- ультразвуковий;
- візуальний.

Ультразвукова дефектоскопія ґрунтується на використанні пружних механічних коливань, які поширюються в матеріалі та дозволяють виявляти внутрішні дефекти. Звукові коливання, що сприймаються людським вухом, мають частоту до 20 кГц і називаються акустичними. Якщо частота перевищує цей поріг, коливання називають ультразвуковими. У промисловій

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

дефектоскопії застосовуються ультразвукові хвилі з частотою в діапазоні приблизно від 0,5 до 20 МГц.

Суть ультразвукової дефектоскопії полягає в тому, що акустичні коливання високої частоти, які генерує спеціальний випромінювач, поширюються всередині матеріалу виробу. У разі наявності внутрішніх дефектів – таких як тріщини, пори або включення – частина ультразвукової енергії відбивається від межі дефекту, утворюючи відбите поле, а інша частина зазнає дифракції, формуючи розсіяне поле.

Ці зміни в структурі хвиль фіксуються приймачем, що дозволяє визначити місце розташування, розміри та характер дефекту без руйнування виробу. Метод є високоточним, надійним і широко застосовується для контролю якості зварних з'єднань у відповідальних конструкціях.

Візуально-оптичний метод контролю є одним із найдавніших способів оцінки якості зварних з'єднань і досі відіграє важливу роль у виробничій практиці. Зовнішній огляд швів часто проводиться неозброєним оком, а для підвищення точності використовуються лупи, збільшувальні скло та інші прості оптичні засоби.

У випадках, коли зварні шви недоступні для прямого спостереження або розташовані у важкодоступних місцях конструкції, застосовуються спеціалізовані оптичні прилади, такі як ендоскопи, перископи та інші візуалізаційні системи.

Своєчасне усунення дефектів, виявлених під час візуального огляду, а також встановлення причин їх виникнення дає змогу оперативно коригувати технологічний процес. Такий підхід дозволяє зменшити обсяг подальших етапів контролю.

З огляду на технологічні особливості та конструктивну специфіку виробу, для контролю якості зварних з'єднань доцільно застосовувати ці два методи неруйнівного контролю.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення опори контактної мережі включає послідовність виробничих операцій, кожна з яких виконує важливу функцію у формуванні готового виробу. До основних етапів належать:

- заготівельні роботи;
- складально-зварювальні операції;
- опоряджувальні і допоміжні роботи;
- контроль.

2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, необхідних для виготовлення виробу, передбачено виконання двох основних технологічних операцій: розмічування та різання.

Для виконання розмічування використовуються шаблони, рулетка, кернер, олівець та упори, що забезпечують точність нанесення розмітки та повторюваність геометричних параметрів.

Різання трубчастих заготовок виконується на відрізному верстаті по металу Елпром ЕОС-355-2650.

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання конструкції здійснюється візуальна перевірка відповідності заготовок вимогам креслень. Під час складання забезпечується точне взаємне розміщення елементів, яке має відповідати їх положенню в готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб запобігти деформаціям у процесі зварювання, які можуть виникати під дією термічного впливу. Для

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення точності складання та стабільності під час зварювальних робіт використовуються складально-зварювальні кондуктори.

Складання даної конструкції здійснюється у кілька послідовних етапів:

- складання опори здійснюється у складально-зварювальному кондукторі; на першому етапі в кондуктор встановлюється опорний фланець, який фіксується за допомогою упорів і притискачів; після надійної фіксації фланця проводиться прихоплення складальних одиниць у визначених місцях;
- складання наступних частин опори також здійснюється у складально-зварювальному кондукторі, для цього окремі деталі встановлюються у відповідні пристосування, які фіксують їх у необхідному положенні; після правильного розміщення елементів виконується прихоплення складальних одиниць у визначених точках;
- після виконання прихоплення та часткового зварювання, конструкцію знімають зі складально-зварювального кондуктора та переміщують на роликовий стенд, який призначений для проведення загального зварювання опори контактної мережі.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

На основі розрахованих параметрів режиму зварювання здійснюється налагодження зварювального напівавтомата, що є ключовим етапом для забезпечення стабільності процесу та високої якості зварного шва.

Під час складання, коли всі елементи виробу розміщені у відповідності до проектного положення, виконується прихоплювання деталей у тих місцях, де згодом будуть сформовані зварні шви. Після завершення прихоплювання та перевірки точності розташування складальних одиниць, переходять до повного зварювання виробу.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт виконується опоряджувальна обробка зварної конструкції, яка включає механічну обробку швів та прилягаючих поверхонь. Для виконання цих операцій використовується набір інструментів та засобів індивідуального захисту, зокрема: захисні окуляри Werk Pro 20019, молоток ЕНФ0300 Стандарт 300 г, зубило слюсарне 220 мм, «Болгарка» (КШМ) Mächtz MAG-12/1350 VS і щітка по металу Makts.

2.6.5 Допоміжні операції

При виготовленні опори контактної мережі, окрім основних технологічних операцій, виконуються також допоміжні роботи, які забезпечують організацію, безперервність та ефективність виробничого процесу.

Перед початком зварювальних робіт виконується налагодження зварювального обладнання, яке включає – регулювання подачі дроту, витрат газу і потрібної величини зварювального струму.

При виконанні перевантажувальних і підйимально-транспортних робіт у процесі виготовлення опори контактної мережі здійснюються такі ключові операції – розміщення деталей у складальному кондукторі та вивільнення-знімання з нього вже готового виробу.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції є невід’ємною складовою технологічного процесу виготовлення зварної конструкції. Комплекс контрольних робіт охоплює всі етапи виробництва:

- контроль вхідної сировини і матеріалів;
- поопераційний контроль;
- контроль якості вже готових виробів.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування ультразвукового ехо-імпульсного методу в поєднанні з візуальним контролем забезпечує всебічну перевірку конструкції, дозволяє вчасно виявити недоліки, прийняти рішення щодо ремонту або доопрацювання, і гарантує, що готова продукція відповідає нормам безпеки та експлуатаційної надійності.

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

Абсолютно вірно. Нормування витрат зварювальних матеріалів є важливою складовою організації ефективного зварювального виробництва. Його мета – визначити оптимальну кількість матеріалів, необхідних для виготовлення зварної конструкції, а також забезпечити економне та раціональне їх використання на підприємствах промисловості та будівництва. Загальні вимоги до нормування витрат і методи їх визначення встановлює 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 зварювального дроту і 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/Агод;

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

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

Отже:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

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

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

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

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

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

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

Отже:

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

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:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де – U_{∂} напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

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

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_{\partial} \cdot I_{36} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.18)$$

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

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій надзвичайно важливо здійснити точне складання деталей, тобто забезпечити їх правильне взаємне розміщення та надійне закріплення перед зварюванням. З цією метою у зварювальному виробництві застосовується спеціалізоване складальне устаткування.

Складальне устаткування класифікується за функціональним призначенням на два типи: складальне та складально-зварювальне. На складальному обладнанні процес складання завершується прихоплюванням деталей у заданих точках. Натомість складально-зварювальне устаткування дозволяє не лише виконати складання, а й здійснити повне або часткове зварювання виробу. У деяких випадках передбачена також витримка після зварювання – це необхідно для зменшення термічних деформацій. Зварювання може проводитися як після попереднього прихоплювання, так і без нього – залежно від особливостей конструкції та технології. Вибір типу устаткування визначається параметрами технологічного процесу, зокрема: формою та розмірами виробу, вимогами до точності, типом і масштабом виробництва, наявністю виробничих площ, завантаженням робочих зон, способом зварювання, а також іншими виробничими факторами.

Притискачі і затискачі повинні забезпечувати [8, с.92]:

- правильне прикладання та напрямок притискного зусилля для закріплення деталей відносно встановлених баз;
- надійне закріплення деталей на протязі всього процесу складання та зварювання;
- швидкодію;

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- можливість зручного встановлення деталей в пристосування, зручність при зварюванні вузла, а також можливість знімання виробу із пристосування після закінчення зварювання;
- зручний підхід до них для легкого приведення в дію (для ручних пристосувань);
- безпечність в роботі [8, с.92].

Притискачі, що застосовуються у складальних пристосуваннях, бувають ручними та механізованими. Механізовані моделі забезпечують вищу силу притискання, сприяють зниженню трудомісткості складальних операцій, підвищують рівень механізації та покращують умови праці персоналу. Ручні притискачі класифікуються за конструкцією на: клинові, гвинтові, ексцентрикові та важільні. Механізовані притискачі, залежно від типу приводу, поділяються на: пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні, електромагнітні, а також з постійним магнітом. У деяких випадках притискачі поєднують з упорами або фіксаторами, утворюючи комплексні вузли, що забезпечують одночасне позиціонування та фіксацію деталей. В універсальних складальних пристосуваннях установлювальні та затискні елементи, як правило, виконуються знімними або регульованими, що дозволяє адаптувати пристосування до різних типів виробів.

Найбільш поширеними є притискачі з пневмоприводом. Пневматичний привід має наступні переваги [8, с.102]:

- доступність, завдяки наявності на підприємствах мережі стиснутого повітря;
- порівняна простота конструкції;
- надійність в роботі;
- зручність у керуванні [8, с.102].

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Складання зварювального виробу включає низку послідовних технологічних операцій. На першому етапі необхідно доставити деталі, з яких формується виріб або зварний вузол, до місця складання. Далі ці елементи встановлюють у складальному пристосуванні, забезпечуючи їх точне розміщення відповідно до проектного положення. У заданому положенні деталі фіксуються, після чого виконується зварювання. Для транспортування та позиціонування деталей застосовується універсальне або спеціалізоване транспортне обладнання, яке забезпечує зручність і точність монтажу. Положення деталей у процесі складання визначається за допомогою установчих елементів пристосування або суміжних складових конструкції, що слугують орієнтирами. Фіксація деталей здійснюється за допомогою затискних механізмів, які входять до складу складального пристосування.

У конструкції розроблених складальних пристосувань застосовуються пневматичні притискачі, а також різноманітні упори та призми.

Абсолютно вірно. Підсумовуючи, можна сказати, що головна функція складального обладнання у зварювальному виробництві полягає в забезпеченні точного розміщення, надійної фіксації та закріплення деталей, які підлягають зварюванню.

Складальні кондуктори є ключовим елементом у процесі складання та зварювання технологічних складальних одиниць опори контактної мережі.

Складальний кондуктор – це спеціалізований пристрій, що використовується для точного складання та зварювання виробів. Його конструкція зазвичай включає площинну або просторову раму (або плиту), на якій розміщуються установлювальні та затискні елементи, призначені для фіксації деталей у проектному положенні. Оскільки в процесі зварювання на конструкцію діють значні термічні та механічні навантаження, основа кондуктора повинна мати високу жорсткість і міцність, щоб ефективно

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

сприймати ці зусилля без деформацій.

Роликовий стенд застосовується на завершальному етапі виготовлення опори контактної мережі – для остаточного складання та зварювання конструкції.

Роликові стенди використовуються для обертання циліндричних та конічних виробів зі швидкістю, що відповідає режиму механізованого зварювання кільцевих швів. Крім того, вони дозволяють обертати вироби з маршовою швидкістю, забезпечуючи їх зручне положення для виконання зварювальних, складальних, обробних та контрольних операцій. Завдяки роликовим стендам також можливе зварювання поздовжніх швів обичайок, при цьому застосовуються зварювальні трактори або самохідні візки, оснащені підвісними зварювальними головками.

Роликові стенди, залежно від їх функціонального призначення, встановлюються на фундаментній рамі, яка є основою всієї конструкції. Для їх складання використовують типові уніфіковані роликові опори та приводні механізми, що виготовляються серійно.

Стенд призначений для точного встановлення виробу у зручне положення для зварювання шляхом його обертання навколо вертикальної осі.

Зварювальні роликові стенди значно полегшують процес з'єднання металевих елементів, забезпечуючи зручність, точність і ефективність при виконанні зварювальних робіт. У сучасних умовах активного розвитку промислового виробництва ці стенди набули широкого поширення.

Застосовувані пристосування характеризуються максимальною кількістю ступенів вільності, що дозволяє їм ефективно обслуговувати широкий спектр зварювальних процесів. Завдяки своїй конструктивній гнучкості, ці технічні засоби забезпечують високу адаптивність до різних типів виробів і з'єднань, а також дають змогу виконувати різноманітні технологічні операції.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика опори контактної мережі

Показник	Одиниці вимірюв.	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габаритні розміри виробу	мм	7300xø700	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат сталь 20	кг	420	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	1,3	
суміш захисна МІХ-1 (82% Ar, 18% CO ₂)	кг	3,5	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	2,5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь 20	грн	30,2	30,08
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	119	118
суміш захисна МІХ-1 (82% Ar, 18% CO ₂)	грн	18,45	18,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	10	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення опори контактної мережі

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Очищення	$\frac{3}{П}$	Піскострум апарат	7000	молоток	335	IV	$\frac{3,5}{2,6}$
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка штангенц. кернер маркер	268 462 176 98	IV	3,8
Різання	$\frac{3}{П}$	Верстат відрізний Елпром ЕОС- 355-2650	26000			IV	5,6
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-зварювальний кондуктор	123900	молоток	335	IV	$\frac{7,1}{6,3}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварювальний напівавтомат Дніпро-М MIG/MMA-250	81000			IV	$\frac{7,3}{6,4}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліфувальна машинка Mächtz MAG-12/1350 VS	7500	щіпка молоток диск зачисн.	125 335 48	III	5,4
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвуковий дефектоскоп A1214 Expert	85000			VI	3,7
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Лебідка електрична	10000			IV	2,1

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 36,4;

по проекту 33,8;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 2,1;

по проекту 2,1.

Загальна штучна норма часу: по заводу 38,5;

по проекту 35,9.

Для виготовлення опори контактної мережі 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.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{ус} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,1) \approx 1822 \text{ год.}$$

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.10]:

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

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 3000 шт.$

Кількість робочих місць для виконання очищення при виготовленні опори контактної мережі:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 1,86 \approx 2 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 1,38 \approx 1 шт.$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні опори (за двома варіантами):

$$n = \frac{3,8 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 2,02 \approx 2 шт.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна (за двома варіантами):

$$n = \frac{5,6 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 2,97 \approx 3 шт.$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{7,1 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 3,77 \approx 4 шт.,$$

- проектний варіант:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{6,3 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 3,34 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{7,3 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 3,87 \approx 4 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{6,4 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 3,4 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів (за двома варіантами):

$$n = \frac{5,4 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 2,87 \approx 3 \text{ шт.}$$

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

$$n = \frac{3,7 \cdot 3000}{1822 \cdot 3,1} = 1,97 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [9, с.12]:

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 3000 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 транспортного засобу, приймається $K_{кр} = 0,1...0,7$.

$$n = \frac{3000 \cdot 1 \cdot 0,5}{2100 \cdot 0,7} = 1,02 \approx 1 \text{ шт.}$$

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

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [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 $B_{np} = 3000 \text{ шт.}$;

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

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається

$$K_{вн}=3,1...3,2;$$

Необхідна кількість очищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 3,5}{1850 \cdot 3,2} = 1,77 \approx 2 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 2,6}{1850 \cdot 3,2} = 1,32 \approx 1 \text{чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 3,8}{1850 \cdot 3,2} = 1,93 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість різальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 5,6}{1850 \cdot 3,2} = 2,84 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 7,1}{1850 \cdot 3,2} = 3,6 \approx 4 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 6,3}{1850 \cdot 3,2} = 3,19 \approx 3 \text{чол.}$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 7,3}{1850 \cdot 3,2} = 3,7 \approx 4 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 6,4}{1850 \cdot 3,2} = 3,24 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 5,4}{1850 \cdot 3,2} = 2,74 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3000 \cdot 3,7}{1850 \cdot 3,2} = 1,88 \approx 2 \text{чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія робітників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
очищувальники	2	1	IV	IV
розмічувальники	2	2	IV	IV
різальники	3	3	IV	IV

Продовження таблиці 4.3

складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	4	3	IV	IV
зачищувальники	3	3	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1	—	—
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	28	25	—	—

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 20	кг	30,2	30,08	2869	2857,6	8607000	8572800
З/П	Зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	119	118	154,7	153,4	464100	460200
З/П	Суміш захисна MIX-1	кг	18,45	18,25	64,58	63,88	193725	191625
Р- ом					3088,28	3074,88	9264825	9224625

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	1,51	1,5	143,45	142,88	430350	428640	10	10	30000	30000
3/П	5	5,95	5,9	7,74	7,67	23205	23010				
3/П	5	0,92	0,91	3,23	3,19	9686,25	9581,25				
Р- ом		8,38	8,32	154,41	153,74	463241,25	461231,25	10	10	30000	30000

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.18]:

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

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.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, с.18]:

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

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.18]:

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

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 очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{до} = 6,3 \cdot 23,5 \cdot 3,5 = 518,18 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 518,18 \cdot (0,2 + 0,15) = 181,36 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 518,18 \cdot 0,4 = 207,27 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{до} = 6,3 \cdot 23,5 \cdot 2,6 = 384,93 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 384,93 \cdot (0,2 + 0,15) = 134,73 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 384,93 \cdot 0,4 = 153,97 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників (за двома варіантами):

$$З_{до} = 4,5 \cdot 22,5 \cdot 3,8 = 384,75 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 384,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 134,66 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 384,75 \cdot 0,4 = 153,9 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників (за двома варіантами):

$$З_{до} = 3,1 \cdot 22,5 \cdot 5,6 = 390,6 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 390,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 136,71 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 390,6 \cdot 0,4 = 156,24 \text{ грн}.$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,7 \cdot 25,5 \cdot 7,1 = 488,84 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 488,84 \cdot (0,2 + 0,15) = 171,09 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 488,84 \cdot 0,4 = 195,53;$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,7 \cdot 25,5 \cdot 6,3 = 433,76 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 433,76 \cdot (0,2 + 0,15) = 151,81 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 433,76 \cdot 0,4 = 173,5 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,8 \cdot 26,5 \cdot 7,3 = 541,66 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 541,66 \cdot (0,2 + 0,15) = 189,58 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 541,66 \cdot 0,4 = 216,66 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,8 \cdot 26,5 \cdot 6,4 = 474,88 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 474,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 166,21 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 474,88 \cdot 0,4 = 189,95 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників (за двома варіантами):

$$З_{\text{оо}} = 3,1 \cdot 23,5 \cdot 5,4 = 393,39 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 393,39 \cdot (0,2 + 0,15) = 137,69 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 393,39 \cdot 0,4 = 157,36 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів (за двома варіантами):

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 27,5 \cdot 3,7 = 457,88 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 457,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 160,26 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 457,88 \cdot 0,4 = 183,15 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників (за двома варіантами):

$$З_{\text{оо}} = 8,2 \cdot 25,5 \cdot 2,1 = 439,11 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 439,11 \cdot (0,2 + 0,15) = 153,69 \text{ грн};$$

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 439,11 \cdot 0,4 = 175,64 \text{ грн.}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [9, с.19]:

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

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

r_{∂} - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

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

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 2 \cdot 37,5 \cdot 1850 = 138750 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 138750 \cdot 0,35 = 48562,5 \text{ грн;}$$

$$З_{пд} = 138750 \cdot 0,4 = 55500 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 37,5 \cdot 1850 = 138750 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 138750 \cdot 0,35 = 48562,5 \text{ грн;}$$

$$З_{пд} = 138750 \cdot 0,4 = 55500 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 37,5 \cdot 1850 = 69375 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 69375 \cdot 0,35 = 24281,25 \text{ грн;}$$

$$З_{пд} = 69375 \cdot 0,4 = 27750 \text{ грн.}$$

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.19]:

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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:

$$З_{оп} = 1 \cdot 9700 \cdot 12 = 116400 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 116400 \cdot 0,35 = 40740 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 116400 \cdot 0,4 = 46560 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8600 \cdot 12 = 103200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 103200 \cdot 0,35 = 36120 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 103200 \cdot 0,4 = 41280 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
очищувальники	262196,55	97387,29	91768,79	34085,55	104878,62	38954,92
розмічувальники	194683,5		68139,23		77873,4	
різальники	296465,4		103762,89		118586,16	
складальники	494701,02	329220,05	173145,36	115227,02	197880,41	131688,02

Продовження таблиці 4.5

зварювальники	548159,92	360433,92	191855,97	126151,87	219263,97	144173,57
зачищувальники	298583,01		104504,05		119433,2	
контролери	231684,75		81089,66		92673,9	
транспортувальники	111094,83		38883,19		44437,93	
Допоміжні робітники:	138750		48562,5		55500	
налагоджувальники						
ремонтники						
електрики						
ІТР	116400		40740		46560	
МОП	103200		36120		41280	
Разом	3004043,98	2486027,75	1051415,39	870109,71	1739768,84	1532562,35

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:	3088,28	3074,88
сталь 20	2869	2857,6
зварювальний дріт Св-08Г2С	154,7	153,4
суміш захисна МІХ-1 (82% Аг, 18% СО ₂)	64,58	63,88
Поворотні відходи	10	
Паливо та енергія на технологічні цілі	89,75	88,95
Основна заробітна плата основних робітників	812,52	639,85
Додаткова заробітна плата основних робітників	284,38	223,95
Премії та надбавки основних робітників	325,01	255,94
Відрахування на соціальне страхування	19,91	15,68
Відрахування на медичне страхування	35,55	27,99

Продовження таблиці 4.6

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	312,19	312,19
Цехові (дільничні) витрати	197,64	197,64
Всього цехова собівартість	5155,23	4827,07

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість в натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
очищувальне	2	1	7000	7000	350	350
різальне	3	3	26000	26000	1300	1300
складальне	4	3	123900	123900	6195	6195
зварювальне	4	3	81000	81000	4050	4050
зачищувальне	3	3	7500	7500	375	375
контрольне	2	2	8500	8500	425	425
транспортне	1	1	10000	10000	500	500
Інструменти:						
молоток	7	5	335	335	16,75	16,75
диск зачисний	5	5	48	48	2,4	2,4
щітка	3	3	125	125	6,25	6,25
рулетка	8	7	268	268	13,4	13,4
кернер	6	6	176	176	8,8	8,8
штангенциркуль	10	9	462	462	23,1	23,1
маркер	10	9	98	98	4,9	4,9
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах., %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	3381250	3381250	5	169062,5	169062,5
Устаткування:					
очищувальне	143500	7350	8,5	1219,75	624,75
різальне	79300	79300	8,5	6740,5	6740,5
складальне	501795	377895	7	35125,65	26452,65
зварювальне	328050	247050	7,5	24603,75	18528,75
зачищувальне	22875	22875	8,5	1944,38	1944,38
контрольне	17425	17425	6,5	1132,63	1132,63
транспортне	10500	10500	7,5	787,5	787,5
Інструменти:			15		
молоток	2361,75	1694,75		354,26	253,76
диск зачисний	242,4	242,4		36,36	36,36
щітка	381,25	381,25		57,19	57,19
рулетка	2157,4	1889,4		323,61	283,41
кернер	1064,8	1064,8		159,72	159,72
штангенциркуль	4643,1	4181,1		696,47	627,17
маркер	984,9	886,9		147,74	133,04
Разом	4367380,6	4153982,6		242391,99	226824,29

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [9, с.27]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 8616,38$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 7919,43$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 5155,23$ грн/шт);

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}= 4827,07$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((8616,38 + 0,15 \cdot 5155,23) - (7919,43 + 0,15 \cdot 4827,07)) \cdot 3000 = \\ = 2238522 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [9,с.28]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}= 19590690$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}= 18408360$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [9, с.28]:

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

$$E_{yp} = 3000 \cdot (8616,38 - 7919,43) = 2090850 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{19590690 - 18408360}{2090850} = 0,57 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниці вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	3000	3000
Кількість технологічного устаткування	шт	19	16
Собівартість товарної продукції	грн	8616,38	7919,43
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	28	25
- основних робітників	чол	21	18
Фондомісткість продукції	грн/шт	5155,23	4827,07
Умовна річна економія	грн	-	2090850
Річний економічний ефект	грн	-	2238522
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,57
Місячний оклад основних робітників:			
- очищувальники	грн	19042,93	14146,18
- розмічувальники	грн	14139,56	14139,56
- різальники	грн	14354,55	14354,55
- складальники	грн	17964,69	15940,5
- зварювальники	грн	19906,01	17451,84
- зачищувальники	грн	14457,08	14457,08
- контролери	грн	16826,91	16826,91
- транспортувальники	грн	16137,29	16137,29

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Інструкції з охорони праці та послідовність їх розробки

Інструкція з охорони праці – нормативний акт підприємства, установи, організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності, яка містить обов'язкові для дотримання працівниками вимоги з охорони праці при виконанні робіт певного виду або за певною професією на всіх робочих місцях, у виробничих приміщеннях, на території підприємства, будівельних майданчиках або в інших місцях, де за дорученням роботодавця чи уповноваженого ним органу виконуються ці роботи, трудові чи службові обов'язки [10, 11].

Інструкції розробляються на основі нормативно-правових актів з охорони праці, технологічної документації підприємства з урахуванням умов виробництва та вимог безпеки, викладених в експлуатаційній та ремонтній документації підприємств, які виготовили устаткування, що використовується на цьому підприємстві.

Інструкції затверджуються роботодавцем і є обов'язковими для дотримання працівниками відповідних професій або виконавцями відповідних робіт на цьому підприємстві.

Інструкції мають відповідати законодавству про охорону праці.

Інструкції повинні містити тільки ті вимоги щодо охорони праці, дотримання яких самими працівниками є обов'язковим. Порухення працівником цих вимог розглядається роботодавцем як порушення нормативно-правових актів з охорони праці та актів з охорони праці, що діють у межах підприємства [10].

Роботодавець, керівники структурних підрозділів, інженер з ОП, СОП здійснюють постійний контроль за додержанням працівниками вимог інструкцій.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Зміст і побудова інструкцій – кожній інструкції присвоюються назва і скорочене позначення. У назві інструкції стисло вказується, для якої професії або виду робіт вона призначена (наприклад: «Інструкція з охорони праці для електрозварника»). В інструкціях зазначаються загальні положення щодо охорони праці, організаційні та технічні вимоги безпеки, які визначаються на основі [10]:

- законодавства України про працю та охорону праці, стандартів, правил, інших нормативних та організаційно-методичних документів з охорони праці;

- наявних і ймовірних небезпек, які потенційно можуть призвести до травмування, погіршення стану здоров'я чи смерті людини під час трудової діяльності, завдати шкоди майну або навколишньому середовищу;

- аналізу документів з охорони праці стосовно відповідного виробництва, професії (виду робіт);

- характеристики робіт, що виконуються працівником конкретної професії відповідно до її кваліфікаційної характеристики;

- вимог безпеки до технологічного процесу, виробничого устаткування, інструментів і пристроїв, що застосовуються під час виконання відповідних робіт, а також вимог безпеки, що містяться в експлуатаційній та ремонтній документації і в технологічному регламенті;

- виявлення небезпечних і шкідливих виробничих факторів, характерних для конкретної професії (конкретного виду робіт) як при нормальному проходженні технологічного процесу, так і при відхиленнях від оптимального режиму, визначення заходів та засобів захисту від них, вивчення конструктивних й експлуатаційних особливостей та ефективності використання цих засобів;

- аналізу обставин і причин найбільш ймовірних аварійних ситуацій, нещасних випадків і професійних захворювань, характерних для конкретної професії (конкретного виду робіт);

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– вивчення успішного досвіду організації безпечної праці та виконання відповідних робіт, визначення найбезпечніших методів і прийомів їх виконання.

Вимоги інструкцій викладаються відповідно до послідовності технологічного процесу з урахуванням умов, у яких виконується конкретний вид робіт. Інструкції складаються з таких розділів [10, 11]:

- 1) розділ «Загальні положення»;
- 2) розділ «Вимоги безпеки перед початком роботи»;
- 3) розділ «Вимоги безпеки під час роботи»;
- 4) розділ «Вимоги безпеки після закінчення роботи»;
- 5) розділ «Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях».

За необхідності інструкції можуть містити й інші розділи. Для розміщення матеріалів, які доповнюють зміст інструкцій, ілюструють чи конкретизують окремі вимоги, може передбачатись розділ «Додатки», у якому може також наводитись перелік нормативно-правових актів та актів підприємства з охорони праці, на підставі яких розроблено інструкцію [10].

При викладенні тексту інструкції потрібно керуватися такими правилами: текст має бути стислим, зрозумілим, конкретним (без можливості різного тлумачення); у тексті не повинно бути посилань на нормативно-правові акти, вимоги яких враховуються при розробленні інструкції (за необхідності такі вимоги відтворюються дослівно); не допускається використання не властивих для нормативних актів слів, словосполучень і зворотів, характерних для розмовної мови, довільних скорочень слів, використання для позначення одного поняття різних термінів, а також іноземних слів чи термінів за наявності рівнозначних слів чи термінів в українській мові; допускається застосування лише загальноприйнятих скорочень та аббревіатур, а також заміна застосованих в інструкції словосполучень скороченням або аббревіатурою за умови повного відтворення цього словосполучення при першому згадуванні в тексті із зазначенням у дужках відповідного скорочення чи аббревіатури; потрібно уникати викладення

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

вимог у формі заборони, а за необхідності – давати пояснення, чим викликано заборону; не потрібно застосовувати слова «категорично», «особливо», «обов’язково», «суворо» тощо, оскільки всі вимоги інструкції є однаково обов’язковими; для наочності окремі вимоги можуть ілюструватись малюнками, схемами, кресленнями тощо; якщо безпека роботи обумовлена певними нормами (величини відстаней, напруги тощо), вони мають бути наведені в інструкції [10].

Загальне керівництво розробленням інструкцій покладається на роботодавця. Необхідні інструкції розробляються безпосередніми керівниками робіт, які є відповідальними за своєчасне їх виконання. Інструкція набирає чинності з дня її затвердження, якщо інше не передбачено наказом роботодавця. Інструкція вводиться в дію до впровадження нового технологічного процесу (початку виконання робіт), устаткування чи до початку роботи нового виробництва.

Видача примірників інструкцій керівникам структурних підрозділів підприємства проводиться службою охорони праці з реєстрацією в журналі обліку видачі інструкцій з охорони праці на підприємстві [10,11].

Отже, розроблення інструкцій з охорони праці є невід’ємною частиною роботи відповідної служби підприємства, структура яких визначається відповідним типом інструктажу – вступним, первинним, повторним, позаплановим або цільовим. Інструкції з охорони праці є основним нормативним документом, який розробляється на підприємстві і виступає гарантом безпеки праці працівників.

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виготовлення опори контактної мережі

Створення безпечних умов праці – найважливіша задача будь-якого виробництва. За правильну організацію і стан охорони праці несе відповідальність керівництво підприємства. Безпека зварювальних робіт

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

цілком залежить від рівня професійної майстерності, знань і уміння виконання їх зварником.

До виконання електрозварювальних робіт допускаються особи не молодше 18-літнього віку, які пройшли медичний огляд, навчені за програмою теоретичної і практичної підготовки, склали іспит кваліфікаційній комісії і мають посвідчення установленого зразка [12].

Всі методи зварювання вимагають дотримання певного комплексу правил охорони праці. На зварювальника під час зварювання плавленням в тій чи іншій мірі існує можливість небезпечних впливів в зв'язку з наступними факторами [12]:

- ураження електричним струмом при дотику до струмоведучих частин електричного кола;
- ураження променями електричної дуги очей і відкритої поверхні шкіри;
- опіки від крапель металу і шлаку при зварюванні;
- отруєння шкідливими газами, що виділяються при зварюванні і при забрудненні приміщень пилом і випарами різних речовин;
- вибухи через неправильне поводження з балонами стисненого газу або через виконання зварювання в ємкостях з-під горючих речовин, або виконання зварювання поблизу легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин;
- пожежі від розплавленого металу і шлаку в процесі зварювання;
- травми різного роду механічного характеру при підготовці важких виробів до зварювання і в процесі зварювання.

Для запобігання небезпеки ураження електричним струмом необхідно, щоб джерела живлення мали автоматичні пристрої, що відключають їх при обриві дуги протягом не більше 0,5 с.

З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом зварювальнику слід дотримуватися наступних заходів:

- надійна ізоляція всіх, проводів, пов'язаних з живленням джерела струму і зварювальної дуги;

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- надійний пристрій електродотримача з гарною ізоляцією, яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмоведучих частин електродотримача зі зварним виробом або руками зварника;

- робота у чистому, сухому спецодязі і рукавицях. При роботі в тісних відсіках і замкнутих просторах обов'язкове використання гумових калош і килимків, джерел освітлення з напругою не більше 6-12 В.

Захист органів зору. Негативний вплив випромінювання електричної зварювальної дуги на сітківку ока вважається загальновідомим фактом і є приводом для підвищеної уваги всіх учасників зварювального процесу. Також це стосується напарників, які часто залучаються при виконанні складних і нестандартних робіт.

Для захисту очей і обличчя використовуються зварювальні маски, захисні окуляри і спеціальні щитки. Популярним і поширеним засобом захисту органів зору при проведенні робіт є зварювальна маска хамелеон, що відрізняється різноманітністю регулювань і зручністю налаштувань. Звичайно, можна використовувати і прості маски, але професійні засоби і інструменти вважаються більш ефективними і надійними за всіма параметрами [12].

Якщо функції вашого напарника обмежуються лише підготовчими заходами для виконання основних робіт, цілком ймовірно, що маска зварника стане для нього надмірним аксесуаром. У таких ситуаціях добре підійдуть захисні окуляри.

Захист дихальних органів. Оскільки виникнення летких отруйних речовин при проведенні зварювальних робіт відноситься до стандартних наслідків, турбота про органи дихання є не менш важливою темою, ніж попередня.

Надійним елементом для захисту органів дихання вважається респіратор, який зручно одягати під маску зварника. На практиці добре зарекомендували себе респіратори з вуглецевим покриттям [12]. Вони захищають органи дихання від зварювального диму, аерозолів, пилу та

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

органічних запахів нижче гранично допустимих концентрацій. Наявність клапанів видиху полегшує дихання і дозволяє успішно застосовувати такі респіратори при підвищених температурах.

Захист від опіків. Кращий захист від попадання бризок розплавленого металу або контакту з розпеченими поверхнями надає спецодяг зварника. Область рук добре захищають краги, для інших частин тіла ефективні спеціальні куртки, костюми, комбінезони, штани, а на ноги прийнято взувати черевики зварника. Весь спецодяг повинен підходити за розміром, бути зручним і справним. Куртки при роботі не слід вправляти у штани, а взуття повинне мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не потрапляли всередину одягу, так як в цьому випадку можливі важкі опіки. Дотримання цих умов допоможе виконати заплановану роботу максимально продуктивно і безпечно.

Небезпека виникнення пожеж від розплавленого металу і шлаку існує в тих випадках, коли зварювання виконують по металу, що закриває дерево або горючі матеріали, на дерев'яних лісах, поблизу легкозаймистих матеріалів тощо [12].

Отже, в процесі виготовлення опори контактної мережі обов'язковою умовою є дотримання всіх цих вимог, так як їх порушення можуть викликати виникнення аварійних ситуацій на підприємстві, що є небажаним явищем для інших працівників.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ВИСНОВКИ

У процесі вдосконалення технології виготовлення опори контактної мережі було запропоновано низку важливих рішень, зокрема: оптимізувати процеси різання та зачищення заготовок, розробити та впровадити сучасну технологію зварювання, яка забезпечить вищу продуктивність і зменшить утворення металевих бризок, інтегрувати більш автоматизоване обладнання у виробничий процес, що сприятиме механізації робіт.

Опори контактної мережі виготовляються з конструкційної вуглецевої сталі марки Сталь 20, що зумовлює застосування відповідної технології зварювання. Для виконання зварювальних робіт використовується напівавтоматичний метод у середовищі захисного газу МІХ-1, який складається з 82% аргону та 18% вуглекислого газу. Як зварювальний матеріал застосовується дріт марки Св-08Г2С діаметром 1,4 мм. Процес зварювання здійснюється за допомогою зварювального напівавтомата Дніпро-М MIG/MAG-250.

Оскільки основна частина виробничих операцій при виготовленні опори контактної мережі припадає на етап складання, для підвищення продуктивності праці та зниження трудомісткості застосовуються складально-зварювальні кондуктори та роликові стенди.

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 20. Вуглецеві нелеговані сталі: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-20/?srsltid=AfmBOoolfeTqHyiFkHn80_w4i6fWm4aGpG11cUdWtJv9OCuEuewdEDRY (дата звернення: 20.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 24.05.2026).
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: 24.05.2026).
6. Напівавтомат інверторний IGBT MIG/MMA Дніпро-М 250. Напівавтомат інверторний IGBT MIG / MMA Дніпро-М 250. Характеристики: веб-сайт. URL: <http://dnipro-m.ua/uk/tovar/poluvavtomat-invertornyj-dnipro-m-migmma-250/> (дата звернення: 24.05.2026).
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).
8. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

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

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

10. Інструкція з охорони праці. Охорона праці і пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/news/skladayemo-instrukciyu-z-ohorony-praci-shcho-maye-buty-v-kozhnomu-z-rozdiliv> (дата звернення: 10.06.2026).

11. Положення про розробку інструкцій з охорони праці (ДНАОП 0.00-4.15-98), наказ №9, від 29.01.1998. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-98#Text> (дата звернення 10.06.2026).

12. Вимоги безпеки зварювального виробництва. Загальні правила: веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/news/golovni-pravyla-bezpeky-zvaryvalnyh-robit> (дата звернення 11.06.2026).

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.09.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		