

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ
КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення транспорту та інженерної механіки

Циклова комісія зварювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

на тему: Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами електровоза

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

Ярослав БУРИЙ

Керівник

Володимир ГАВРИЛЮК

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

БУРОМУ Ярославу Ярославовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами електровоза

Керівник роботи ГАВРИЛЮК Володимир Ярославович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Планування та розробка заходів з охорони праці

5.2 Правила безпеки праці зварювальних робіт під час виготовлення рами електровоза

Перелік графічного матеріалу

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

2. Складальне креслення рами електровоза – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення кондуктора для складання і зварювання рами – 2.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Ярослав БУРИЙ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення рами електровоза 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 electric locomotive frame 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	8
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	13
1.3.4 Вимоги до складання	14
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	15
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	22
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	24
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	28
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	29
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	32
2.6.1 Заготівельні операції	32
2.6.2 Складальні операції	33
2.6.3 Складально-зварювальні операції	34

					<i>КР.422.04.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бурий				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами електровоза Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гаврилюк						4	74
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	.	.	.	.	.	35
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	35
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	40
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	40
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	44
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	46
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	46
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	51
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	54
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	55
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	60
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	61
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	64
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	66
5.1	Планування та розробка заходів з охорони праці	.	.	.	.	.	66
5.2	Правила безпеки праці зварювальних робіт під час виготовлення						
	рами електровоза	.	.	.	.	.	68
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	71
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	72
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	74

ВСТУП

На сьогоднішній день зварювальне виробництво є однією з ключових галузей сучасної техніки. У всіх сферах машинобудування активно впроваджуються високопродуктивні та економічно доцільні технологічні процеси – зварювання, наплавлення, паяння, термічне різання та їх механізація. Ці методи дозволяють ефективно обробляти практично всі конструкційні матеріали з товщиною від кількох міліметрів до кількох метрів. Високий рівень розвитку зварювальної техніки став надійною основою для суттєвого підвищення продуктивності праці, зменшення витрат матеріалів та енергії в народному господарстві, а також для покращення якості та зниження собівартості зварних конструкцій.

Широке впровадження зварювання в промисловість зумовлене рядом суттєвих переваг порівняно з іншими технологічними процесами, що використовуються для створення нероз'ємних з'єднань. Зокрема, зварні конструкції мають нижчу вартість у порівнянні з клепанними, що дозволяє зменшити загальні витрати на виробництво. Зварювання забезпечує значну економію часу та трудових ресурсів, дозволяючи автоматизувати процеси та підвищити продуктивність. Однією з ключових переваг є можливість отримання щільних і герметичних з'єднань, що особливо важливо для трубопроводів, резервуарів та інших конструкцій, які працюють під тиском. Крім того, зварювання дає змогу раціоналізувати форму конструкцій, зменшити їх масу та покращити експлуатаційні характеристики. Використання механізованих і автоматизованих способів зварювання сприяє покращенню умов праці, зменшенню впливу шкідливих факторів на персонал. Важливою перевагою є також можливість відновлення зношених деталей і вузлів, а також усунення дефектів литва, що значно розширює сферу застосування зварювальних технологій.

Для забезпечення високої якості продукції необхідно вдосконалювати технічну базу виробництва, оновлювати обладнання та впроваджувати сучасні технології. Одним із ключових чинників підвищення ефективності, якості зварних виробів і покращення умов праці є комплексна механізація та

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

автоматизація зварювальних процесів.

Механізація та автоматизація зварювального виробництва відіграють ключову роль у підвищенні ефективності роботи, забезпеченні високої якості зварних з'єднань і створенні комфортних умов для працівників.

Останнім часом активно впроваджуються потокові лінії та виробничі ділянки, оснащені сучасним обладнанням для дугового, контактного зварювання та газового різання. Паралельно ведуться роботи з проектування і спорудження спеціалізованих зварювальних цехів, що дозволяє підвищити ефективність виробництва.

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 нашій країні налагоджено виробництво електрозварювального обладнання, яке охоплює всі основні способи зварювання. Це устаткування ефективно використовується в багатьох галузях промисловості.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Об'єктом виготовлення є рама магістрального електровоза, яка складається із сортового прокату та зварюється відповідно до конструктивних вимог. Її ескіз представлено на рисунку 1.1. Основними елементами рами є хребтова балка та система поперечних балок, до яких належать передні, шкворневі, проміжні й середні. Переріз хребтової балки утворений двома Z-подібними профілями та двотавровим елементом, що забезпечує необхідну жорсткість і міцність конструкції, оскільки саме хребтова балка виконує функцію основного несучого компонента. Решта балок виконує допоміжну роль, сприяючи загальній стабільності конструкції.

Для досягнення високої корозійної стійкості, міцності та надійності конструкції, при виготовленні рами застосовують сталь марки 09Г2С.

Рама магістрального електровоза виконує функцію основної несучої конструкції, тому має відповідати вимогам щодо міцності та жорсткості. Водночас вона повинна бути технологічною у виробництві.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Виготовлення рамної конструкції магістрального електровоза передбачає дотримання низки вимог, спрямованих на оптимізацію її форми та виробничого процесу. Зокрема, компонування складальних одиниць має забезпечувати мінімізацію габаритних розмірів, що потребує ретельного конструювання деталей відповідної конфігурації. Уніфікація елементів конструкції передбачає скорочення різноманітності їх форм шляхом збільшення обсягів виробництва деталей з обмеженої номенклатури. Це досягається завдяки використанню однакових заготовок для виготовлення різних деталей, за умови, що обрана заготовка відповідає найбільш складній формі та найбільшим розмірам серед усіх елементів. Таким чином, у заготовці

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

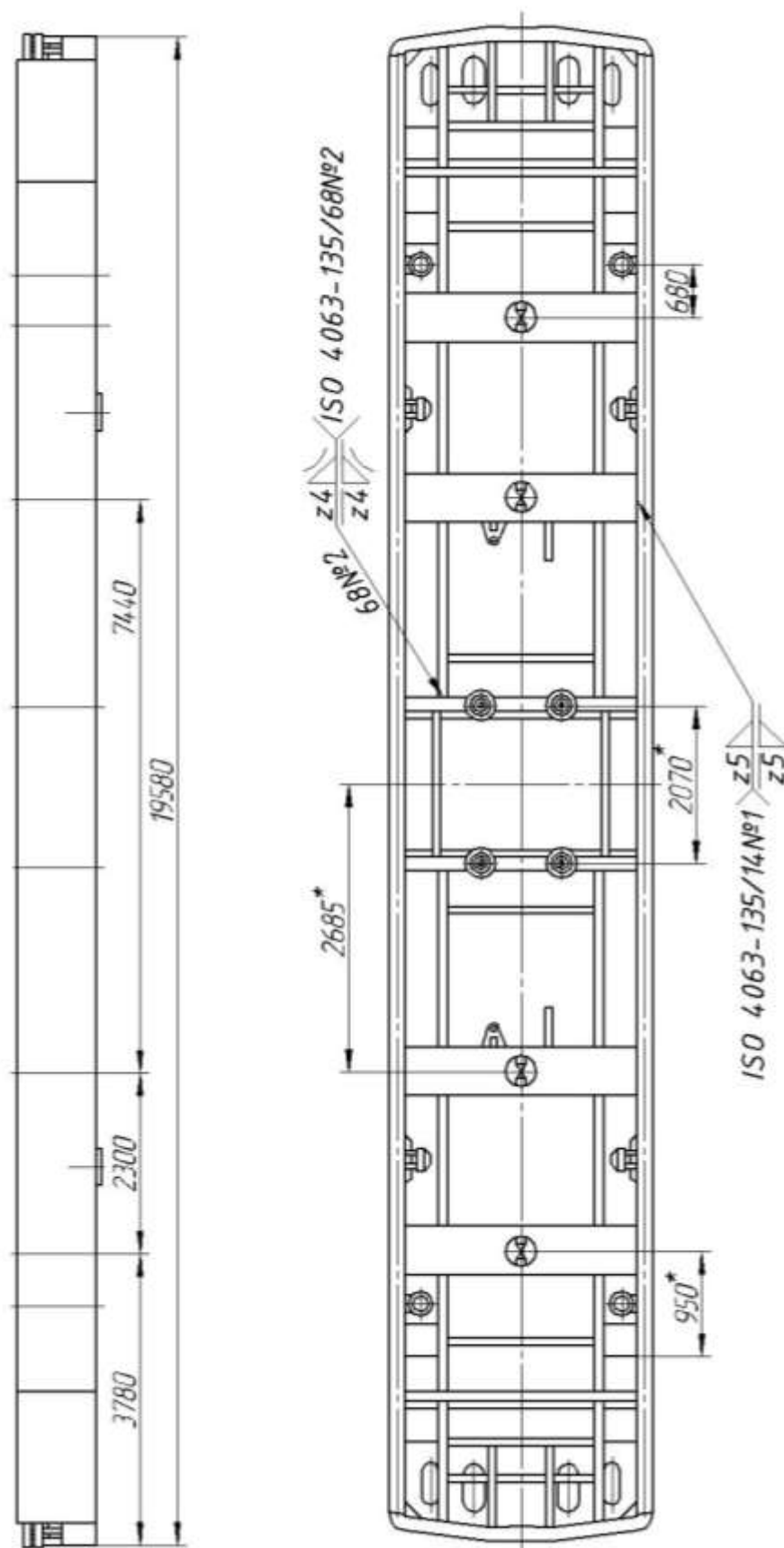


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд рами електровоза

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

передбачено запас металу, який дозволяє адаптувати її під виготовлення інших, менш складних деталей.

У процесі проектування рамної конструкції можуть виникати суперечності між вимогами компонування складальних одиниць і вимогами їх уніфікації. Вирішення таких протиріч досягається шляхом оптимального визначення рівня уніфікації конструкції на етапі розробки деталей. Вимоги до механічної обробки орієнтовані на зниження трудових і матеріальних витрат у виробничому процесі, що реалізується через використання уніфікованих елементів або їх частин. Повна уніфікація сприяє скороченню номенклатури виготовлюваних деталей, що, своєю чергою, дозволяє застосовувати більш продуктивне обладнання та технологічне оснащення. Щодо зварних з'єднань, основними вимогами є забезпечення їх рівномірності з основним металом і відсутність дефектів як у самих з'єднаннях, так і в зоні, прилеглій до шва.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Рама електровоза виготовляється з маловуглецевої низьколегованої сталі марки 09Г2С. Цей тип сталі характеризується підвищеною міцністю, стійкістю до старіння та атмосферної корозії, що забезпечує довговічність виробу в складних умовах експлуатації. Крім того, 09Г2С зберігає пластичність і не схильна до крихкого руйнування при низьких температурах.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 09Г2С приведені в таблицях 1.1 і 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С у % [2]

C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
			не більше				
0,12	0,6 - 0,8	1,3-1,7	0,30	0,30	0,30	0,035	0,040

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 09Г2С [2]

Переріз, мм	σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ_5 , %
До 10	не менше		
	345	490	21

Зварюваність – це здатність металів утворювати якісне зварне з'єднання в процесі зварювання. Вона є комплексною характеристикою, що відображає реакцію матеріалу на фізико-хімічні впливи зварювального процесу та визначає його придатність до формування з'єднань, які відповідають встановленим експлуатаційним вимогам.

Основними критеріями, що визначають зварюваність металу, є такі:

- схильність до окислення;
- опір гарячим тріщинам;
- опір холодним тріщинам і повільному руйнуванню;
- чутливість до теплової дії;
- схильність до утворення пор.

Оцінка зварюваності металу часто здійснюється шляхом розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю (C_e) [3, с.127]:

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

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

Отже:

$$C_e = 0,12 + \frac{1,7}{6} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,513 \quad \%$$

Якщо еквівалентний вміст вуглецю перевищує 0,45, це свідчить про задовільну зварюваність сталі, але водночас вказує на підвищений ризик

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

утворення холодних тріщин у зоні зварювання. Щоб забезпечити якість зварних з'єднань і уникнути дефектів, необхідно застосовувати попередній підігрів металу перед початком зварювального процесу.

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 лише перевірені та сертифіковані матеріали. Оцінка якості матеріалів і напівфабрикатів здійснюється на основі сертифікаційних документів, що підтверджують їх відповідність технічним вимогам. У випадках, коли сертифікати відсутні або виявлено зовнішні дефекти, матеріали можуть бути допущені до виготовлення рами електровоза лише після проходження ретельного контролю. Такий контроль включає: аналіз хімічного складу, механічні випробування і випробування на зварюваність.

Основний метал підлягає перевірці на наявність таких дефектів, як пори, усадкові раковини та тріщини.

Якість і властивості матеріалів та напівфабрикатів мають відповідати таким вимогам:

а) усі вихідні матеріали повинні супроводжуватися сертифікатами заводу-виробника або відповідними паспортами;

б) за відсутності сертифікатів матеріали допускаються до виробництва лише після проведення випробувань, що підтверджують їх відповідність стандартам або технічним умовам постачання;

в) зварювальні матеріали, що надходять у виробництво, повинні відповідати вимогам чинної нормативно-технічної документації щодо чистоти;

г) зберігання зварювальних матеріалів має здійснюватися в сухих закритих приміщеннях, роздільно за марками та партіями;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

д) напівфабрикати не повинні містити тріщин чи інших дефектів, що можуть знизити їхню експлуатаційну надійність;

е) дефекти, які не допускаються технічними умовами виготовлення, слід усувати шляхом шліфування або висвердлювання;

є) використання зварювального дроту з ознаками іржі, забруднення мастилом або брудом заборонено.

Захисні гази підлягають контролю на наявність шкідливих домішок та вологи. Їх зберігання і транспортування здійснюється в балонах об'ємом 100–150 дм³ при робочому тиску 15 МПа.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Під час виробництва на етапах проектування та виготовлення виробу необхідно забезпечити збереження його геометричних розмірів і форми. Це досягається шляхом виконання таких вимог:

- розробка конструкції з урахуванням специфіки технологічного процесу;
- правильне оформлення всіх зварних з'єднань з урахуванням способу їх обробки, форми підготовки кромки і встановлених допусків;
- суворе дотримання технологічних режимів для запобігання виникненню внутрішніх напружень і деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварне з'єднання – це частина конструкції або виробу, де елементи, виготовлені з однорідних або різнорідних матеріалів, поєднані між собою методом зварювання. Такі з'єднання повинні бути вільними від дефектів, що перевищують допустимі норми, визначені стандартами. Якість зварних з'єднань безпосередньо впливає на експлуатаційну надійність конструкцій, яка залежить від пластичності шва, його довговічності та здатності витримувати циклічні навантаження. Тому під час виконання зварювальних

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

робіт важливо запобігати виникненню дефектів, своєчасно їх виявляти та усувати, а також ефективно організовувати процес виготовлення зварних виробів.

Основні вимоги до зварних з'єднань:

- 1) зварний шов повинен бути рівномірним по ширині та висоті на всій довжині;
- 2) поверхня шва має бути чистою – без свищів і залишків шлаку;
- 3) при зварюванні кутових і таврових швів їхні кінці необхідно виводити на технологічні планки.

1.3.4 Вимоги до складання

Перед виконанням зварювальних робіт обов'язково здійснюється складання конструкції, тобто точне розміщення і закріплення деталей у положенні, передбаченому проектом. До початку складання всі елементи та заготовки звіряють з кресленнями, при цьому контролюють:

- відповідність габаритних розмірів;
- чистоту поверхонь;
- правильність кутів зрізу кромки;
- якість підготовки кромки до зварювання.

Складання перед зварюванням є однією з найскладніших і найменш автоматизованих стадій виробництва. Вона має забезпечити умови для якісного виконання зварювальних робіт. Для цього необхідно:

- 1) дотримуватися заданого монтажного зазору;
- 2) точно розміщувати деталі відповідно до проектного положення;
- 3) надійно фіксувати елементи, щоб їхнє взаємне положення не змінювалося під час зварювання та кантування.

Перед складанням деталей і заготовок необхідно дотримуватися таких вимог:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) неплоскостність і непрямолінійність не повинні перевищувати 3 мм, якщо інше не зазначено в кресленні, де може бути вказана підвищена точність;
- б) складання елементів і вузлів для зварювання слід виконувати у спеціальних складальних або складально-зварювальних пристосуваннях;
- в) при визначенні базових розмірів таких пристосувань необхідно враховувати можливі деформації, що виникають під час зварювання;
- г) прихоплення при складанні мають виконуватись лише в передбачених технологічним процесом місцях і у відповідній послідовності;
- д) переріз прихоплень повинен становити не менше 35% і не більше 75% перерізу основного шва, а їх довжина — не перевищувати 25 мм;
- е) поверхня основного металу в зоні зварювання повинна бути очищена від іржі, мастила, вологи, окалини та інших забруднень, які можуть спричинити дефекти.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час виготовлення зварної конструкції допустимі дефекти зварних з'єднань не повинні перевищувати меж, визначених технічними умовами на виробництво виробу.

Досягнення необхідної якості зварного з'єднання можливе лише за умови вільного доступу до місця зварювання та дотримання таких вимог:

- а) роботи слід виконувати виключно із застосуванням матеріалів, передбачених технологічним процесом (захисний газ, зварювальний дріт відповідної марки);
- б) допустимі дефекти у зварному з'єднанні без виправлення згідно з технічними умовами не повинні перевищувати 15% загальної довжини шва;
- в) у конструкції не допускаються тріщини в швах, тріщини в зоні термічного впливу, непровари, пропали та пори;
- г) усі виявлені дефекти підлягають обов'язковому усуненню;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

д) контроль якості зварювання слід здійснювати методами, які забезпечують швидке, точне та надійне виявлення дефектів;

е) необхідно постійно слідкувати за якістю виконання зварювальних робіт.

Основні типи зварних швів і їх конструктивні елементи мають відповідати вимогам, встановленим технічними умовами.

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

Рамні конструкції є системою жорстко з'єднаних між собою балок. У процесі виготовлення зварної рами зазвичай спочатку виготовляють окремі рамні елементи. Складання рами полягає в точному розміщенні цих елементів відповідно до проектного положення, а зварювання – у створенні з'єднань між ними.

Технологічний процес виготовлення рами включає низку основних виробничих операцій, які виконуються у визначеній послідовності для забезпечення точності, якості та надійності конструкції. До таких операцій належать: правлення, розмічування, різання, складання, зварювання, зачищення, транспортування, контролю якості, операцій наступного складання та зварювання, підготовки до розвантажування.

Загальний технологічний процес виготовлення рами охоплює етапи створення її основних елементів: хребтової, поперечної, передньої, шкворневої, проміжної та середньої балок.

Хребтова балка має переріз, що складається з двох Z-подібних профілів і двотавра. Перед остаточним складанням до цих елементів приварюють окремі деталі. Спочатку два Z-подібні профілі укладають у спеціальне пристосування – раму, закріплену на фундаменті та оснащену фіксаторами і пневмопритискачами. Їхнє положення фіксується за допомогою кінцевих і бокових притискачів, упорів і вертикальних фіксаторів. Після цього зверху

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

встановлюють двотавр, фіксують його положення і притискають по краях. Нижні полиці двотавра прихоплюють до верхніх полиць Z-подібних профілів, після чого готову хребтову балку знімають із пристосування.

Шви балки зварюють методом напіваавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу.

Поперечні балки укладають у спеціальне пристосування ще до остаточного складання рами. Кінцеві балки при цьому монтують у повному вигляді, тоді як інші формують як напівбалки – з вертикальних і верхніх листів; нижні листи встановлюють під час загального складання. Усі поперечні балки зварюють напіваавтоматичним способом у середовищі вуглекислого газу. Вертикальну балку розміщують між вертикальними листами поперечних балок до упору в елементи Z-подібного профілю. Після фіксації та прихоплення цих частин встановлюють і прихоплюють нижні листи, а потім виконують зварювання необхідних швів.

Сформовану конструкцію переміщують краном і встановлюють у спеціальне пристосування. Хребтову балку фіксують гвинтовими притисками до упорних точок. У цьому пристосуванні виконують загальне зварювання рами та монтаж із прихопленням дрібних деталей.

У процесі проходження робочих етапів на каркас рами послідовно монтують і приварюють листи верхньої та нижньої підлоги, швелери й інші елементи. Зварювання здійснюється напіваавтоматичним способом у середовищі вуглекислого газу.

Оскільки готова рама піддається багаторазовим динамічним навантаженням, для забезпечення її надійної роботи необхідно застосовувати конструктивні рішення та технологію складання і зварювання, які мінімізують концентрацію напружень у зварних з'єднаннях.

Перед складанням і зварюванням рами обов'язково виконують обробку кромки у місцях стикових швів, щоб забезпечити їхній повний провар і

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

надійність з'єднання. Контроль якості зварних швів проводиться на кожному етапі виробництва шляхом візуального огляду.

У чинному технологічному процесі виготовлення рами виявлено низку суттєвих недоліків, що знижують ефективність виробництва та якість зварних з'єднань:

- використання морально застарілого зварювального обладнання;
- нераціональний підбір параметрів режиму зварювання;
- застосування гвинтових притискачів у складальних стендах, що спричиняє значні витрати часу на фіксацію елементів.

Шляхи усунення недоліків:

- модернізація обладнання, впровадження сучасних зразків зварювальної техніки з вищим рівнем автоматизації та стабільності процесу;
- оптимізація режимів зварювання;
- заміна зварювального середовища, перехід з напівавтоматичного зварювання в середовищі CO₂ на зварювання в суміші захисних газів К-2 (Pureshield P31), що складається з 82% Ar і 18% CO₂;
- механізація фіксації шляхом встановлення клавішних пневматичних притискачів замість гвинтових, що значно скорочує час складання.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Під час вибору способу зварювання для виготовлення рами необхідно враховувати низку важливих чинників. До них належать тип матеріалу, з якого виготовляється конструкція, товщина зварюваних елементів, рівень відповідальності виробу, обсяги виробництва, а також вимоги до якості зварних з'єднань.

Цю конструкцію допустимо зварювати різними способами залежно від умов виробництва та вимог до якості з'єднань. Зокрема, можливе застосування ручного дугового зварювання покритими електродами, напіваавтоматичного зварювання в середовищі аргону або вуглекислого газу, а також напіваавтоматичного й автоматичного зварювання під флюсом.

Під час ручного дугового зварювання покритими електродами переміщення електрода вздовж шва та його подача в зону горіння дуги здійснюється вручну, відповідно до ступеня його розплавлення. Це створює певні труднощі, зокрема у підтриманні стабільної довжини дуги. Коливання дугового проміжку негативно впливають на основні параметри зварювального режиму – силу струму та напругу на дузі.

Ручне дугове зварювання покритими електродами характеризується низькою продуктивністю, тому зазвичай використовується для виконання коротких швів у важкодоступних зонах конструкції.

Застосування аргонowego зварювання при виготовленні рами є економічно недоцільним через його відносно високу вартість. Цей метод переважно використовується для зварювання алюмінієвих, титанових, магнієвих сплавів, цирконію, молібдену та інших хімічно активних металів і їхніх сплавів. Крім того, він доцільний у випадках, коли йдеться про особливо відповідальні конструкції, що потребують високої якості з'єднань.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час напівавтоматичного зварювання під флюсом дуга горить під шаром порошкоподібного матеріалу, який стабілізує процес і захищає зварювальну ванну від впливу повітря. Однак контроль за переміщенням електродного дроту у стиковому зазорі ускладнений через його закритість флюсом. Такий метод зазвичай застосовують для коротких криволінійних швів у важкодоступних місцях. Останнім часом його використання значно скоротилося, поступаючись більш зручному та ефективному напівавтоматичному зварюванню в середовищі вуглекислого газу.

Під час зварювання в середовищі вуглекислого газу через сопло пальника безперервно подається захисний газ, який ізолює зону дуги від атмосферного впливу. Теплова енергія дуги розплавляє основний метал і електродний дріт, утворюючи зварювальну ванну. Після охолодження розплавлений метал кристалізується, формуючи зварний шов.

Під час зварювання в середовищі вуглекислого газу необхідно підтримувати якомога коротшу дугу. При переміщенні пальника дуга повинна залишатися на основному металі або на межі між зварювальною ванною та основним металом.

Для зварювання вуглецевих сталей товщиною понад 3 мм широко застосовується напівавтоматичне дугове зварювання в середовищі вуглекислого газу з використанням плавкого електродного дроту діаметром 0,8–2 мм. Основна функція захисного газу полягає в ізоляції реакційної зони дуги від атмосферного повітря, що запобігає проникненню азоту в метал зварювальної ванни.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу вирізняється високою продуктивністю завдяки механізованій подачі електродного дроту в зону дуги. Серед основних переваг цього методу – економічність, доступність вуглекислого газу як захисного середовища та стабільно висока якість отриманого зварного шва.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У зварювальній практиці широко застосовують газові суміші — інертні, комбінації інертних і активних, а також активні. Їх використання дозволяє покращити технологічні та металургійні властивості захисного середовища, а також знизити витрати на дорогі компоненти. Серед придатних для зварювання варіантів – суміші $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, $\text{Ar} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$, $\text{Ar} + \text{CO}_2$, причому остання є особливо ефективною для конструкцій із маловуглецевих і низьколегованих сталей. Зварювання в середовищі $\text{Ar} + \text{CO}_2$ сприяє зменшенню розбризкування металу та забезпечує якісне формування шва.

Головним недоліком напівавтоматичного зварювання плавким електродом у середовищі вуглекислого газу є надмірне розбризкування металу, що негативно впливає на якість шва та потребує додаткової обробки. Для його зменшення застосовують газові суміші, які забезпечують більш стабільне горіння дуги, покращують формування зварювальної ванни та знижують кількість бризок.

Автоматичне дугове зварювання під флюсом, попри складність процесу та високу вартість обладнання, набуло широкого застосування у промисловості. Його використання дозволяє досягти стабільності зварювальних режимів і забезпечити високу якість виконання зварних швів.

Автоматичне зварювання має ряд переваг перед напівавтоматичним:

- а) висока продуктивність;
- б) не потрібен кваліфікований зварник, тільки оператор;
- в) економія зварювальних матеріалів;
- г) можливість забезпечення набагато глибшого проплавлення основного

металу за один прохід.

Одним із суттєвих недоліків автоматичного дугового зварювання під флюсом є обмеження щодо просторового положення швів.

Останнім часом у зварювальній практиці все ширше застосовується імпульсно-дугове зварювання, при якому дуга горить періодично – окремими імпульсами постійного струму з заданими часовими інтервалами. Завдяки

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

своїй ефективності та невисоким витратам, цей спосіб має перспективу для подальшого впровадження у виробництво конструкцій подібного типу.

Таким чином, для зварювання рами електровоза доцільно застосовувати напівавтоматичне дугове зварювання в суміші захисних газів К-2 (Pureshield P31), яка складається з 82% аргону та 18% вуглекислого газу. Схематичне зображення процесу наведено на рисунку 2.1.

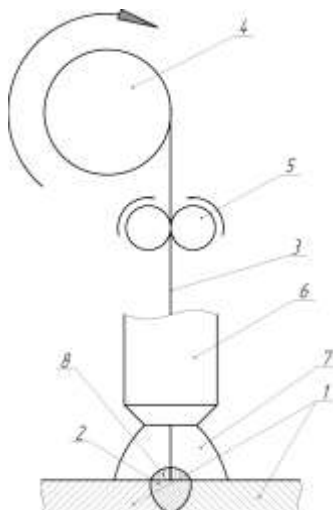


Рисунок 2.1 – Схема напівавтоматичного зварювання в суміші захисних газів

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

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір зварювальних матеріалів є важливою складовою технологічної розробки, оскільки саме від їх правильного підбору залежить якість зварних з'єднань. Тільки за умови узгодженості основних і допоміжних матеріалів можна досягти рівномірності металу шва з основним металом.

Коректний підбір зварювальних матеріалів має вирішальне значення для забезпечення необхідних механічних і фізико-хімічних властивостей металу

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

шва. Від цього залежить здатність зварного з'єднання витримувати експлуатаційні навантаження та відповідати вимогам надійності конструкції протягом усього терміну її служби.

В якості захисного газу використовуємо суміш захисних газів К-2:

- аргон (Ar) – 82%;
- вуглекислий газ (CO₂) – 18%.

У процесі напівавтоматичного зварювання витрати на захисний газ становлять лише 5–10% від загального обсягу, тоді як понад половину витрат припадає на зварювальний дріт. Використання сертифікованих газових сумішей значно зменшує кількість бризок металу – іноді навіть повністю їх усуває – і сприяє формуванню більш рівного та гладкого шва порівняно з чистим CO₂. Це дозволяє досягти економії зварювального дроту до 15–25% і скоротити витрати на очищення поверхні. Додатково, підвищення швидкості зварювання та інші технологічні переваги сумішей сприяють зменшенню трудомісткості зварювальних робіт.

Для зварювання рами електровоза використовується зварювальний дріт марки Св-08Г2С, який широко застосовується в машинобудуванні для з'єднання маловуглецевих сталей. Його популярність зумовлена поєднанням високої міцності та достатньої пластичності, що дозволяє досягти рівномірності шва з основним металом. Це забезпечується завдяки комплексному легуванню металу шва та ефективному розкисленню зварювальної ванни.

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

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

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

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ			Арк.
								23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Для забезпечення якісного кутового зварного з'єднання з катетом 5 мм (див. рис. 2.2), необхідно правильно підібрати параметри режиму зварювання, які гарантують відповідність шва вимогам міцності, заданим конструктором.

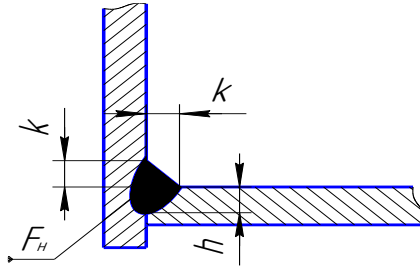


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

k – катет шва; F_n – площа наплавленого металу; h – глибина проплавлення основного металу;

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 a за формулою [4, с.192]:

$$a = \sqrt{F_n}, \quad (2.2)$$
$$a = \sqrt{12,5} = 3,5355 \quad \text{мм}.$$

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

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

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

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

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

$$\psi_m = \frac{b}{H}, \quad (2.4)$$

тоді,

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

попередньо вибравши значення ψ_m з рекомендованої межі 0,8-2,0 мм [4,с.196],
приймаємо $\psi_m=1,3$, отже :

$$H = \frac{7,071}{1,3} = 5,4392 \text{ мм.}$$

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

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

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

$$h_0 = 5,4392 - 3,5355 = 1,9037 \text{ мм.}$$

Для зварювання конструкції із мало вуглецевої низьколегованої сталі катетом 5 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,0 мм.

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

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,5$ [4, с.193],

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{36} = \frac{1,9037}{1,5} \cdot 100 = 126,913 \quad I_{36} \approx 130 \quad \text{А.}$$

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

$$V_{n.д.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{36}}{F_{ел} \cdot \gamma}, \quad (2.8)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p = 15 \text{ г/А} \times \text{год}$ [5, с.212],

γ – густина електродного дроту, для сталі $\gamma = 7,8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$,

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу електрода,

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,0^2}{4} = 1,13 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{n.д.} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 130}{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 221,59 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо $V_{п.д.} = 220 \text{ м/год.}$

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [4, с.183]:

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot I_{36}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 130}{1000 \cdot \sqrt{1,0}} \pm 1 = 26,5 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо $U_{д.} = 27 \pm 1 \text{ В.}$

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [4, с.183]:

$$V_{36} = \frac{F_{ел} \cdot V_{n.д.}}{F_n}, \quad (2.10)$$

$$V_{36} = \frac{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 221,59}{12,5 \cdot 10^{-6}} = 20 \quad \text{м/год.}$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Швидкість зварювання становить $V_{зв}=20$ м/год.

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

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

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,0 мм $\gamma=75\dots300$ А/мм² [4, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{130}{150}} = 1,052 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електрода приймаємо $l_d=10$ мм [6, с.223].

Витрати захисного газу $Q_{г}=2,0 \times 10^{-4}$ м³/с [6, с.223].

Розраховані параметри режиму зварювання наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

П А Р А М Е Т Р			значення
назва	символ	одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	130
Напруга на дузі	U_d	В	27±1
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,0
Виліт електрода	l_d	мм	10
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	20
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	220
Розхід захисного газу	$Q_{г}$	м ³ /с	$2,0 \times 10^{-4}$

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Зварювання рами електровоза із застосуванням зварювального напіваавтомата Титан ПІСПА 530М є ефективним рішенням для забезпечення високої якості зварних з'єднань. Цей апарат належить до професійного обладнання і підтримує технології MIG/MAG-зварювання в середовищі захисного газу.

Апарат стійкий до великих падінь напруги в мережі живлення. Сила зварювального струму регулюється ступенево в межах від 50 до 500 А. На панелі керування розміщені вольтметр і амперметр, що дозволяють виконувати точне налаштування необхідних параметрів інвертора для виконання відповідних робіт [7].

Модель Титан ПІСПА 530М використовується для промислового використання з живленням від мережі 380 В на підприємствах, в цехах, будівельних майданчиках, автомобільних майстернях для зварювання конструкцій із сталей та кольорових металів [7].

Особливості моделі Титан ПІСПА 530М [7]:

1. наявність євророз'єму;
2. ступеневе регулювання струму в межах 50 – 500 А;
3. електронне регулювання налаштувань;
4. ручки і коліщатка для зручності транспортування;
5. простота і зручність у використанні [7].

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

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики зварювального напіваавтомату Титан ПІСПА 530М [7]

Напруга мережі, В	380
Частота, Гц	50

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиця 2.3

Межі регулювання зварювального струму, А	50-500
Діаметр електродного дроту, мм	1,2-1,6
Максимальна маса котушки, кг	15
Робочий цикл (ПВ) при струмі 500 А, %	60
Клас захисту	IP21
Габаритні розміри, мм	325x625x495
Маса, кг	50



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального інверторного напівавтомату Титан ПІСПА 530М [7]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварних швів є критично важливим етапом у виробництві відповідальних конструкцій, таких як рама електровоза. Його основне завдання – виявити наявність дефектів, визначити їх розміри та характер, що дозволяє: оцінити можливість ремонту або необхідність заміни

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

елемента, встановити причини виникнення дефекту, та розробити профілактичні заходи для запобігання повторному виникненню.

Можливі методи контролю зварних швів:

- радіаційна дефектоскопія;
- ультразвукова дефектоскопія.
- магнітна та електромагнітна дефектоскопія;
- візуально-оптичний метод контролю.

Радіаційна дефектоскопія ґрунтується на використанні іонізуючого електромагнітного випромінювання – рентгенівських променів і гамма-випромінювання, які мають високу енергію порівняно зі світловим випромінюванням. Завдяки цьому вони здатні проникати крізь матеріали значної товщини, що дозволяє досліджувати внутрішню структуру зварних з'єднань без їх руйнування. Суть методу полягає в тому, що під час проходження випромінювання через матеріал частина його енергії втрачається, і ця втрата залежить від густини та товщини матеріалу, а також від наявності внутрішніх дефектів. Зміни інтенсивності випромінювання фіксуються на спеціальному приймачі – рентгенівській плівці або цифровому детекторі.

Ультразвукова дефектоскопія базується на використанні пружних механічних коливань, які в повітрі сприймаються як звуки і називаються акустичними. Якщо частота таких коливань перевищує 20 кГц – межу чутливості людського слуху – вони класифікуються як ультразвукові. У дефектоскопії застосовуються ультразвукові хвилі з частотою в межах 0,5–20 МГц. Принцип методу полягає в тому, що акустичні коливання, створені генератором-випромінювачем, поширюються в матеріалі виробу. Якщо в зоні проходження хвилі є дефект, виникає відбите та дифрагзоване поле розсіювання. При значних розмірах дефекту за ним утворюється акустична тінь, а його поверхня відбиває ультразвукові хвилі. Реєструючи за допомогою

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймача-шукача ехо-сигнал або послаблення ультразвукової хвилі, можна зробити висновок про наявність дефекту в зварному шві, який досліджується.

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія базуються на фізичних властивостях магнітних доменів – малих об'ємів у матеріалі, в межах яких магнітні поля, що виникають внаслідок обертання електронів навколо власних осей, взаємно компенсуються, і деталь перебуває в розмагніченому стані. Під дією зовнішнього магнітного поля домени орієнтуються в напрямку цього поля, створюючи загальне магнітне поле, тобто деталь намагнічується. Магнітні лінії набувають певного напрямку, і при зустрічі з дефектом, магнітна проникність якого значно нижча за проникність основного металу, силові лінії обходять дефект, утворюючи поле розсіювання. Дефекти, розташовані вздовж магнітних ліній, не створюють суттєвих перешкод для потоку, тому їх важко виявити. Натомість дефекти, орієнтовані перпендикулярно до магнітних ліній, спричиняють значне розсіювання, що дозволяє легко їх виявити. Варто зазначити, що магнітні методи контролю застосовуються лише для феромагнітних матеріалів.

Візуально-оптичний метод є найдавнішим способом контролю якості зварних з'єднань, проте й сьогодні він залишається актуальним і широко застосовуваним. Зовнішній огляд зазвичай проводиться неозброєним оком або з використанням збільшувальних приладів, таких як лупи. Для огляду зварних швів, які недоступні для прямого спостереження або приховані за елементами конструкції, застосовують спеціальні оптичні. Своєчасне виявлення дефектів за допомогою візуального контролю, а також встановлення причин їх виникнення дозволяє оперативно вносити корективи в технологічний процес і зменшити обсяг подальших, більш складних і затратних методів контролю.

З урахуванням технологічних та конструктивних особливостей, для контролю зварних швів рами електровоза застосовуються два основні методи: візуально-оптичний контроль та ехо-імпульсний ультразвуковий метод дефектоскопії. Особливу увагу під час контролю слід приділяти геометричним

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрам шва, зокрема розміру катета, що має відповідати конструкторським вимогам. Ультразвуковий метод, у свою чергу, дозволяє виявити внутрішні дефекти, недоступні для візуального спостереження, забезпечуючи комплексну оцінку якості зварного з'єднання.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення рами електровоза включає послідовність виробничих операцій, кожна з яких має своє призначення та впливає на кінцеву якість конструкції. До основних етапів належать:

- заготівельні;
- складальні;
- зварювальні;
- опоряджувальні;
- допоміжні;
- контрольні.

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення заготовок, що входять до вузлів рами електровоза, виконуються три основні операції: правлення, розмічування та різання. Матеріалом слугує листовий прокат і фасонні профілі – кутники та профільні труби. Листи виправляють у холодному стані за допомогою листопрямильної машини V-1321 (схема на рисунку 2.4), а профілі – на згинальному верстаті LG 60 CN (рисунок 2.5). Розмічування здійснюється оптичним методом без шаблонів: креслення проектується безпосередньо на поверхню деталі, що забезпечує точність, хоча процес є трудомістким. Різання проводиться на стрічковій пилі Special 700 МАСС, схема якої наведена на рисунку 2.6.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

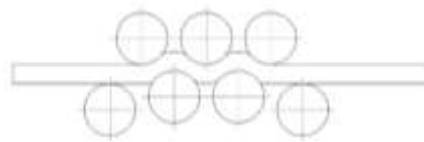


Рисунок 2.4 – Схема правлення листового прокату

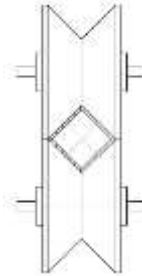


Рисунок 2.5 – Схема правлення профільного прокату

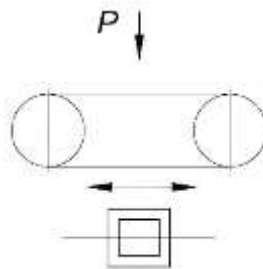


Рисунок 2.6 – Схема різання заготовки на стрічковій пилі

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання деталей вузлів рами електровоза здійснюється візуальна перевірка їх відповідності конструкторським вимогам. Під час складання забезпечується точне взаємне розміщення елементів, яке має відповідати їх положенню в готовому виробі. Складальний вузол повинен мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій у процесі зварювання. Для виконання як складальних, так і зварювальних операцій застосовується спеціальний складально-зварювальний кондуктор.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Процес складання та зварювання складальних одиниць і конструкції рами електровоза виконується поетапно з дотриманням технологічної послідовності. Спочатку деталі встановлюються в пристосування з орієнтацією по фіксатору, після чого додаткові елементи фіксуються по пазу та упору до основної деталі. Далі всі компоненти притискаються пневматичними притискачами для забезпечення стабільного положення. Зварювання проводиться в дозволених зонах, після чого складальну одиницю відкріплюють і знімають з пристосування. Завершальним етапом є виконання остаточного зварювання.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт здійснюється опоряджувальна обробка зварної конструкції, яка включає зачищення швів та видалення металевих бризок з поверхні. Для виконання цих операцій використовуються відповідні інструменти та засоби захисту: захисні окуляри Delta Plus Volcano Clear для безпеки очей, молоток Stanley Graphite 300 г і зубило Stanley 25×300 мм – для механічного видалення бризок, а також кутова шліфувальна машина Дніпро-М МШК 1250Р, яка забезпечує ефективне шліфування швів і поверхонь.

2.6.5 Допоміжні операції

У процесі виготовлення рами електровоза, окрім основних технологічних операцій, виконуються також допоміжні роботи, які забезпечують організаційну та технічну підтримку виробництва.

Перед початком зварювальних робіт здійснюється налагодження обладнання, що включає регулювання витрати захисного газу, встановлення

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

оптимального вильоту електродного дроту та вибір параметрів режиму зварювання відповідно до типу з'єднання, матеріалу та вимог до якості шва.

Під час виконання навантажувально-розвантажувальних і підйомно-транспортних робіт проводиться встановлення деталей у кондуктори, переміщення заготовок до відповідних робочих зон, а також транспортування складальних вузлів до наступних етапів технологічного процесу.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють усі етапи виготовлення зварної конструкції рами електровоза та включають комплекс перевірок, спрямованих на забезпечення її якості та відповідності технічним вимогам. До них належать: контроль вхідних зварювальних матеріалів, перевірка характеристик зварювальних витратних компонентів, оцінка якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій, а також контроль процесу зварювання. Особливу увагу приділяють перевірці зварних з'єднань і готової продукції. Зовнішній огляд дозволяє оцінити форму та розміщення швів згідно з кресленням, виявити зовнішні дефекти та деформації вузлів. Для виявлення внутрішніх дефектів у швах застосовується ехо-імпульсний метод ультразвукової дефектоскопії.

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться з метою визначення їх оптимальної кількості, необхідної для виготовлення зварних конструкцій, а також для забезпечення економного та раціонального використання ресурсів у зварювальному виробництві промислових і будівельних підприємств. Цей процес дозволяє планувати потребу в матеріалах, мінімізувати втрати та підвищити ефективність виробництва.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні положення щодо нормування витрат і відходів, а також методи їх розрахунку регламентуються стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [8]. В подальшому всі розрахунки будуть здійснюватися за даним посиланням.

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

Норма витрат зварювального дроту на зварювання рами електровоза визначається за формулою:

$$H_{випр} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{bij} \cdot L_{ij} \cdot K_{1i} \cdot K_{2j} \cdot K_{3i}, \quad (2.12)$$

де H_{bij} - норматив витрат i -го матеріалу на один метр j -го шва при даній товщині, кг;

L_{ij} - довжина i -го виду матеріалу j -го типу шва, м;

K_{1i} - поправочний коефіцієнт, що враховує технологічні втрати і відходи i -го виду матеріалу ($K_{1i} = 1,1$);

K_{2j} - поправочний коефіцієнт, що враховує просторове положення j -го шва ($K_{2j} = 1,1$);

K_{3i} - поправочний коефіцієнт, що враховує витрати i -го матеріалу на прихоплювання ($K_{3i} = 1$ (згідно технологічного процесу));

j - кількість швів, $j = 1, 2, 3, \dots, m$.

Норматив витрат зварювального дроту при дуговому зварюванні визначається за формулою:

$$H_{bi} = M \cdot K_{bi}, \quad (2.13)$$

де M - маса наплавленого металу на 1 метр шва, кг;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

K_{bi} - коефіцієнт витрат i -го матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів ($K_{bi} = 1,1$).

Маса наплавленого металу на 1 метр шва визначається за формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (2.14)$$

де F - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва зварного з'єднання, м^2 ;

ρ - густина металу шва, для низьколегованої сталі $\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$;

L - довжина шва, м.

За формулою (2.12), враховуючи формули (2.13) і (2.14), визначаємо витрати зварювального дроту:

$$H_{\text{випр}} = \left(2 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 3,595 + 8 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \times \right. \\ \left. \times 1 \cdot 1,1 \cdot 6,095 + 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 3,52 \right) \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,045 \text{ кг}.$$

Норма витрат захисного газу на зварювання рами електровоза визначається за формулою:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{г}} + \Pi_{\text{взг}}, \quad (2.15)$$

де $H_{\text{г}}$ - норматив витрат захисного газу на метр шва, л;

$\Pi_{\text{взг}}$ - технологічні втрати газу на зварну конструкцію, л ($\Pi_{\text{взг}} = 0,7$ л).

Норматив витрати захисного газу на метр шва визначається за формулою:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{нг}} \cdot T_{0i} + H_{\text{взи}} \quad (2.16)$$

де $H_{\text{нг}}$ - питома витрата захисного газу, л/хв;

T_{0i} - основний час зварювання одного метра шва, хв;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$H_{\partial zi}$ - додаткові витрати захисного газу на виконання підготовчо-заключних операцій при зварюванні i -того проходу м³;

n - кількість проходів, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

Основний час зварювання одного метра шва визначається за формулою:

$$t_0 = \frac{m_H \cdot 60}{\alpha_H \cdot I_{36}}, \quad (2.17)$$

де m_H - маса наплавленого металу на один метр шва:

$$m_H = \rho \cdot F_M, \quad (2.18)$$

де F_M - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, м². Додаткові витрати захисного газу розраховуються за формулою:

$$H_{\partial 632} = T_{n3} \cdot H_{632}, \quad (2.19)$$

де T_{n3} - час на підготовчо-заключні операції, хв. ($T_{n3} = 0,2$ хв).

Витрати захисного газу визначаємо враховуючи довжину всіх швів, якими зварюються вузли рами. Тому формула (2.15) в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$H_{632} = \sum H_z \cdot L + \Pi_{23k}. \quad (2.20)$$

За формулою (2.20), враховуючи формули (2.19), (2.18), (2.17) і (2.16), визначаємо витрати захисного газу:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{\text{взг}} = \left(\left(10 \cdot \frac{7800 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 60}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 130} + 0,2 \cdot 10 \right) \cdot 3,595 + \left(10 \cdot \frac{7800 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 60}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 200} + 0,2 \cdot 10 \right) \cdot 6,095 + \left(10 \cdot \frac{7800 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 60}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 220} + 0,2 \cdot 10 \right) \cdot 3,52 \right) + 0,7 = 222,314 + 0,7 \approx 224 \text{ л/год}.$$

Витрати електроенергії на один кілограм наплавленого металу визначаються за формулою:

$$E = \frac{U_{\text{д}}}{\alpha_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{е}} \cdot k_{\text{д}}}, \quad (2.21)$$

де $\eta_{\text{е}}$ - ефективний коефіцієнт корисної дії процесу нагрівання ($\eta_{\text{е}}=0,7...0,99$; приймаємо $\eta_{\text{е}} = 0,8$);

$k_{\text{д}}$ - коефіцієнт корисної дії джерела живлення дуги.

Витрати електроенергії визначаємо враховуючи масу наплавленого металу в цілому на зварювання всіх швів конструкції. Тому формула (2.21) в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$E = \sum \frac{U_{\text{д}} \cdot M}{\alpha_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{е}} \cdot k_{\text{д}}}. \quad (2.22)$$

За формулою (2.22), враховуючи формулу (2.14), визначаємо витрати електроенергії:

$$E = \frac{24 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 3,595}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 0,72} + \frac{26 \cdot 8 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 6,095}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 0,72} + \frac{28 \cdot 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 3,52}{12 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8 \cdot 0,72} = 2,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Складання під зварювання має свою специфіку, яка полягає в точному послідовному орієнтуванні всіх деталей згідно з розмірами, зазначеними у складальному кресленні. Перед виконанням зварювальних робіт елементи конструкції повинні бути правильно суміщені та тимчасово зафіксовані – це здійснюється за допомогою затискних пристосувань або прихоплень.

Для кожної конкретної деталі виробу, що складається, форма її поверхні визначає форму поверхні і тип встановлювальних деталей пристосування. Таким чином, конструкція встановлювальних елементів, пристосування буде залежати від правильності вибору базових точок, ліній та поверхонь на деталях, які входять в склад тої чи іншої складальної одиниці [9, с.22].

Установлювальні елементи (фіксатори) відіграють ключову роль у забезпеченні точності та стабільності під час складання зварних вузлів. Вони повинні відповідати таким вимогам:

- гарантувати правильне розміщення деталей відповідно до креслення;
- забезпечувати легке встановлення елементів у складальне пристосування;
- не перешкоджати виконанню зварювальних робіт у необхідних зонах;
- витримувати навантаження без деформацій конструкції під час зварювання;
- дозволяти безперешкодне зняття готового виробу після завершення операцій.

При складанні рами для точного розміщення деталей по базових поверхнях використовуються спеціальні упори – постійні та відкидні (рис 3.1).

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

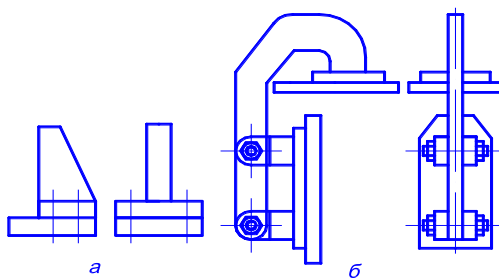


Рисунок 3.1 - Установлювальні елементи складальних пристосувань

а - упор постійний; б- упор відкидний

Постійні упори є найпоширенішими елементами фіксації та зазвичай виконуються у вигляді оброблених стійок, кутників або пластин. Їх закріплюють на основі пристосування шляхом приварювання або пригвинчування з додатковим фіксуванням штифтами. Відкидні упори застосовуються тоді, коли стаціонарні елементи ускладнюють встановлення деталі або зняття готового вузла з пристосування. Для одночасного фіксування по двох базових поверхнях використовуються постійні кутові опори.

Для встановлення деталей по отворах застосовують постійні відкидні і знімні встановлювальні пальці та штирі (рисунок 3.2)

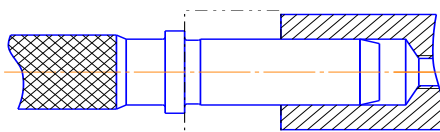


Рисунок 3.2 – Установлювальний знімний палець

Постійні пальці фіксації жорстко монтуються на складальному пристосуванні шляхом зварювання, запресування або за допомогою різьбових з'єднань. Їх конструкція забезпечує стабільне положення деталей під час складання. У випадках, коли такі елементи ускладнюють встановлення або демонтаж компонентів, застосовують знімні чи відкидні пальці.

Для точного встановлення деталей зварюваного вузла відносно вже змонтованих елементів цього ж вузла застосовуються шаблони.

Опорні гнізда використовуються як фіксатори для попереднього, грубого встановлення виробу по трьох базових поверхнях. При цьому ширина гнізда повинна перевищувати максимальну ширину виробу на кілька міліметрів, що дозволяє легко встановлювати деталь у пристосування та безперешкодно знімати її після завершення технологічних операцій.

Затискні елементи, зокрема притискачі та затискачі, виконують функцію надійного закріплення деталей зварюваного виробу після їх встановлення в складальне пристосування.

Притискачі та затискачі, як ключові елементи складального оснащення, повинні відповідати ряду технічних і експлуатаційних вимог:

- притискне зусилля має бути направлене так, щоб деталі надійно фіксувалися без зсувів відносно базових поверхонь;
- елементи повинні утримувати деталі стабільно протягом усього процесу складання та зварювання, не допускаючи їх зміщення;
- конструкція повинна забезпечувати легке встановлення деталей у пристосування, зручність доступу до зварювальних зон і просте зняття виробу після завершення робіт;
- для ручних пристосувань необхідний зручний доступ до притискачів, щоб оператор міг швидко та без зусиль активувати механізм;
- конструкція повинна виключати ризики травмування персоналу, мати захист від випадкового спрацювання та відповідати нормам охорони праці.

Притискачі відіграють важливу роль у забезпеченні точного та надійного закріплення деталей під час складання і зварювання. Їх класифікація та конструктивні особливості дозволяють адаптувати пристосування до різних умов виробництва. Ручні притискачі – застосовуються при невеликих обсягах робіт або в умовах, де не потрібне велике притискне зусилля. Механізовані

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

притискачі – забезпечують значне притискне зусилля, знижують трудомісткість, підвищують рівень механізації та покращують умови праці.

Ручні притискачі поділяють на клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні, байонетні. За видом приводу механізовані притискачі діляться на пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні електромагнітні, з постійним магнітом. В деяких випадках притискачі об'єднують з упорами або фіксаторами і виконують у вигляді комплексного вузла переналагоджувальних та універсально-складальних пристосувань. Установлювальні та затискні елементи виготовляють знімними та регульованими.

Найбільш поширеними є притискачі з пневмоприводом. Пневматичний привід має наступні переваги [10,с.102]:

- доступність, завдяки наявності на підприємствах мережі стиснутого повітря;
- порівняна простота конструкції;
- надійність в роботі;
- зручність в керуванні [10,с.102].

Вмикання пневматичних силових приводів здійснюється за допомогою кранів (золотників). Пневмоциліндри односторонньої дії обладнані трьохходовими кранами, а пневмоциліндри двосторонньої дії чотирьохходовими та золотниками поршневого типу, які врівноважені. Для їх переміщення необхідне незначне зусилля, внаслідок чого вони зручні для автоматичних систем [10, с.118].

Пневмопривід для живлення пневмоциліндрів повинен бути достатнього діаметру. Падіння тиску у ньому допустиме не більше як 10% [10, с.119].

Пневмоприводи живляться стисненим повітрям, ретельно очищеним від пилу та вологи, що підвищує їх надійність [10, с.119].

Якщо на пристосуванні розміщено декілька пневмоциліндрів, (два і більше) то їх спрацювання проходить або в одночасній, або у відомій (заданій)

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

послідовності. В таких випадках бажано мати один кран (золотник). Для боротьби із шумом, спрацьоване повітря випускають в глушники [10, с.119].

Гвинтові притискачі - універсальні, надійні в експлуатації, мають просту конструкцію і значно зменшені зусилля, що прикладаються по відношенню до необхідного притискного. Поряд з гвинтовими притискачами використовують також важільні різних конфігурацій з пневмоприводом затискачі [10, с.94].

Притискачі діють з одного боку, притискаючи деталі до упорів або суміжних елементів, тоді як затискачі охоплюють деталь з двох протилежних сторін між робочими поверхнями, розташованими навпроти одна одної. З огляду на технологічні вимоги, для фіксації вузлів рами в пристосуваннях застосовують пневматичні притискачі та затискачі.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Щоб забезпечити високу якість зварних конструкцій, необхідно здійснювати точне складання деталей виробу – тобто їх коректне взаємне розміщення та надійне закріплення перед зварюванням.

Складання зварювального виробу включає низку послідовних етапів. Спочатку деталі, що входять до складу виробу або вузла, доставляються до місця складання. Далі їх розміщують у складальному пристосуванні у визначеному положенні, де вони фіксуються, після чого виконується зварювання. Транспортування та встановлення деталей здійснюється за допомогою універсального або спеціалізованого обладнання. Точне положення елементів при складанні задається установчими елементами пристосування або вже змонтованими деталями. Закріплення здійснюється затискними механізмами, що входять до складу складального оснащення.

Отже, головна функція складального обладнання в зварювальному виробництві полягає у забезпеченні точного розміщення та надійного закріплення деталей перед зварюванням.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Для виконання складання та зварювання технологічних складальних одиниць застосовують спеціальні складальні кондуктори. Безпосередньо процес складання і зварювання окремої складальної одиниці здійснюється у стапелі – різновиді кондуктора.

Складальний кондуктор – це пристосування, що складається з площинної або просторової рами чи плити, на якій розміщуються установчі та затискні елементи. Його використовують для складання і зварювання виробу, тому основа кондуктора повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб витримувати навантаження, які виникають у процесі зварювання.

Кантувач застосовується на завершальному етапі зварювання рами для розміщення виробу в оптимальному положенні. Його функція полягає в тому, щоб обертати конструкцію навколо горизонтальної осі.

Для виготовлення рами застосовують двохстійковий кантувач, який вирізняється низкою переваг порівняно з іншими типами. Він універсальний, має просту конструкцію, є недорогим, компактним і потребує мінімальної потужності приводу, оскільки обертання виробу відбувається навколо повздовжньої осі, розташованої поблизу центра ваги. По суті, це спрощений горизонтальний обертач, що працює з постійною маршовою швидкістю.

На відміну від обертача, який зазвичай використовується для зварювання кільцевих швів і забезпечує обертання виробу на 360°, кантувач призначений для зварювання швів на виробах різної форми, де повне обертання часто не є необхідним. Одну зі сторін виробу, на якій немає зварних швів, можна використати для кріплення. Це особливо актуально при роботі з довгими та недостатньо жорсткими конструкціями, які неможливо надійно закріпити лише за торці на планшайбах стояків, а також у випадках, коли немає можливості використання додаткових опор (люнетів) між стійками. У таких ситуаціях зварну конструкцію фіксують на поворотній рамі, що монтується на стояках кантувача.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика рами електровоза

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	1950x1500	1950x1500
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат 09Г2С	кг	131200	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	51	
захисний газ (суміш К-2 – Аг 82% +CO ₂ 18%)	м ³	224	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	1250	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь 09Г2С	грн	55,7	55,3
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	150	149
захисний газ (суміш К-2 – Аг 81% +CO ₂ 18%)	грн	36,75	36,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	5000	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
рами електровоза

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Правлення	$\frac{3}{П}$	Листопр. машина V-1321	12025000	18,5			III	5,5
		Згин. верстат LG 60 CN	865000	8				
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка оп. прилад маркер	287 198 8268 37	III	$\frac{8,4}{8,2}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Стрічкова пила SPECIAL 700 МАСС	2100000	4			III	$\frac{8,8}{8,1}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-зварювальний кондуктор	4945000		молоток зубило	477 720	IV	$\frac{9,2}{8,1}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат Титан ПІСПА 530 М	73000				IV	9
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Дніпро-М МШК 1250 р	3700	1,25	окуляри захисні Delta Plus Volcano Clear диск зачисний ЗАК 125х6,0х22 молоток	500 59 477	II	$\frac{9,4}{8,1}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвуковий дефектоскоп РСЕ-FD20	95000		лупа Economix 50 мм, 3х	105	VI	3,7
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Мостовий кран	4600000				III	3,5

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 54;

по проекту 50,7;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 3,5;

по проекту 3,5.

Загальна штучна норма часу: по заводу 57,5;

по проекту 54,2.

Для виготовлення рами електровоза застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [11, с.8]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

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

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

Розрахунок проводять за формулою [11, с.9]:

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

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання, $K_{вн} = 0,1$.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

B_{np} – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{np} = 100$ шт.

Для виконання правління кількість робочих місць буде рівною (за двома варіантами):

$$n = \frac{5,5 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 2,89 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами електровоза становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{8,4 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,41 \approx 4 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,2 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,3 \approx 4 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{8,8 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,62 \approx 5 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,1 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,26 \approx 4 \text{ шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{9,2 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,83 \approx 5 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,1 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,26 \approx 4 \text{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить (за двома варіантами):

$$n = \frac{9 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,73 \approx 5 \text{шт.},$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{9,4 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,94 \approx 5 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{8,1 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 4,26 \approx 4 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{3,7 \cdot 100}{1903 \cdot 0,1} = 1,94 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [11, с.13]:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 100 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,1 \dots 0,7$.

$$n = \frac{100 \cdot 5 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,1} = 1,9 \approx 2 \text{шт.}$$

Приймаємо два мостових крани 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 [11, 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 $B_{np} = 100$ шт;

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

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

$K_{вн}=0,1...0,2$;

Необхідна кількість правильників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 5,5}{1850 \cdot 0,1} = 2,97 \approx 3 \text{чол},$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 8,4}{1850 \cdot 0,1} = 4,54 \approx 5 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 8,2}{1850 \cdot 0,1} = 4,43 \approx 4 \text{чол}.$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 8,8}{1850 \cdot 0,1} = 4,76 \approx 5 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 8,1}{1850 \cdot 0,1} = 4,38 \approx 4 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 9,2}{1850 \cdot 0,1} = 4,97 \approx 5 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 8,1}{1850 \cdot 0,1} = 4,38 \approx 4 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 9}{1850 \cdot 0,1} = 4,86 \approx 5 \text{чол.},$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 9,4}{1850 \cdot 0,1} = 5,08 \approx 5 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 8,1}{1850 \cdot 0,1} = 4,38 \approx 4 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{100 \cdot 3,7}{1850 \cdot 0,1} = 2 \text{чол.}$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	5	4	III	III
різальники	5	4	III	III
правильники	3	3	III	III
складальники	5	4	III	III
зварювальники	5	5	IV	IV
зачищувальники	5	4	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	2	2	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	2	2	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	2	2	—	—
МОП: прибиральники	2	2		
Разом	42	38	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн						
					на один виріб		на програму				
З/П	Сталь 09Г2С	кг	55,7	55,3	7307840	7255360	730784000	725536000			
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	150	149	7650	7599	765000	759900			
З/П	Захисна суміш К-2 – Ag 82% +CO ₂ 18%)	кг	36,75	36,25	8232	8120	823200	812000			
Р- ом					7323722	7271079	732372200	727107900			
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	
З/П	5	2,79	2,77	365392	362768	36539200	36276800	5000	5000	500000	500000
З/П	5	7,5	7,45	382,5	379,95	38250	37995				
З/П	5	1,84	1,81	411,6	406	41160	40600				
Р- ом		12,12	12,03	366186,1	363553,95	36618610	36355395	5000	5000	500000	500000

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 [11, с.16]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [11, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [11, с.16]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [11, с.17]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці правильників (за двома варіантами):

$$Z_{oo} = 2,8 \cdot 36 \cdot 5,5 = 554,4 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 554,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 194,04 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 554,4 \cdot 0,4 = 221,76 \text{ грн};$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 1,9 \cdot 36 \cdot 8,4 = 574,56 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 574,56 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,1 \text{ грн};$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 574,56 \cdot 0,4 = 229,82 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 1,9 \cdot 36 \cdot 8,2 = 560,88 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 560,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 196,31 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 560,88 \cdot 0,4 = 224,35 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2 \cdot 36 \cdot 8,8 = 633,6 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 633,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 221,76 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 633,6 \cdot 0,4 = 253,44 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2 \cdot 36 \cdot 8,1 = 583,2 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 583,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,12 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 583,2 \cdot 0,4 = 233,28 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,1 \cdot 37,5 \cdot 9,2 = 724,5 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 724,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 253,58 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 724,5 \cdot 0,4 = 289,8 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,1 \cdot 37,5 \cdot 8,1 = 637,88 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 637,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 223,26 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 637,88 \cdot 0,4 = 255,15 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників (за двома варіантами):

$$З_{оо} = 2 \cdot 38 \cdot 9 = 684 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 684 \cdot (0,2 + 0,15) = 239,4 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 684 \cdot 0,4 = 273,6 \text{ грн};$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$З_{\text{оо}} = 2 \cdot 35,5 \cdot 9,4 = 667,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 667,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 233,59 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 667,4 \cdot 0,4 = 266,96 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2 \cdot 35,5 \cdot 8,1 = 575,1 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 575,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,29 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 575,1 \cdot 0,4 = 230,04 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 39,5 \cdot 3,7 = 657,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 657,68 \cdot (0,2 + 0,15) = 230,19 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 657,68 \cdot 0,4 = 263,07 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 4,7 \cdot 38,5 \cdot 3,5 = 633,33 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 633,33 \cdot (0,2 + 0,15) = 221,66 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 633,33 \cdot 0,4 = 253,33 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [11, с.16]:

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 59,5 \cdot 1850 = 220150 \text{ грн};$$

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{дд}} = 220150 \cdot 0,35 = 77052,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 220150 \cdot 0,4 = 88060 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 59,5 \cdot 1850 = 220150 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 220150 \cdot 0,35 = 77052,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 220150 \cdot 0,4 = 88060 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 59,5 \cdot 1850 = 220150 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 220150 \cdot 0,35 = 77052,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 220150 \cdot 0,4 = 88060 \text{ грн.}$$

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[11, с.17]:

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

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

$$З_{\text{оп}} = 2 \cdot 15900 \cdot 12 = 381600 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дп}} = 381600 \cdot 0,35 = 133560 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пп}} = 381600 \cdot 0,4 = 152640 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = 2 \cdot 10050 \cdot 12 = 241200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 241200 \cdot 0,35 = 84420 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 241200 \cdot 0,4 = 96480 \text{ грн.}$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	726818,4	567610,56	254386,44	198663,7	290727,36	227044,22
різальники	801504	590198,4	280526,4	206569,44	320601,6	236079,36
правильники	420789,6		147276,36		168315,84	
складальники	916492,5	645529,5	320772,38	225935,33	366597	258211,8
зварювальники	865260	865260	302841	302841	346104	346104
зачищувальники	844261	582001,2	295491,35	203700,42	337704,4	232800,48
контролери	332783,55		116474,24		133113,42	
транспортувальники	320462,45		112161,86		128184,98	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	220150		77052,5		88060	
ремонтники	220150		77052,5		88060	
електрики	220150		77052,5		88060	
ІТР	381600		133560		152640	
МОП	241200		84420		96480	
Разом	6511621,5	5607885,26	2279067,53	1962759,84	3823736,1	3462241,6

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	3	П
Основні матеріали:	7323722	7271079
сталь 09Г2С	7307840	7255360
зв. дріт Св-08Г2С	7650	7599
захисна суміш К-2 (Ar 82% +CO ₂ 18%)	8232	8120
Поворотні відходи	5000	
Паливо та енергія на технологічні цілі	9612	9580
Основна заробітна плата основних робітників	52283,72	43246,35
Додаткова заробітна плата основних робітників	18299,3	15136,22
Премії та надбавки основних робітників	20913,49	17298,54
Відрахування на соціальне страхування	1280,95	1059,54
Відрахування на медичне страхування	2287,41	1892,03
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	17832,15	17832,15
Цехові (дільничні) витрати	16815,6	16815,6
Всього цехова собівартість	7458046,62	7388939,43

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	5	4	2100000	2100000	105000	105000
правильне	3	3	12890000	12890000	644500	644500
складальне	5	4	4945000	4945000	247250	247250
зварювальне	5	5	73000	73000	3650	3650
зачищувальне	5	4	3700	3700	185	185
контрольне	2	2	95000	95000	4750	4750
транспортне	2	2	4600000	4600000	230000	230000
Інструменти:						
молоток	8	7	477	477	23,85	23,85
зубило	5	4	720	720	36	36
окуляри захисні	5	4	500	500	25	25
диск зачисний	5	4	59	59	2,95	2,95
рулетка	10	8	287	287	14,35	14,35
оптичний прилад	5	4	8268	8268	413,4	413,4
лінійка	12	10	108	108	5,4	5,4
маркер	7	5	37	37	1,85	1,85
лупа	2	2	105	105	5,25	5,25
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	9500000	9500000	5	475000	475000
Устаткування:					
різальне	10605000	8505000	8	848400	680400
правильне	39314500	39314500	8	3145160	3145160
складальне	24972250	20027250	8	1997780	1602180
зварювальне	368650	368650	6,5	23962,25	23962,25
зачищувальне	18685	14985	8	1494,8	1198,8
контрольне	194750	194750	6	11685	11685
транспортне	9430000	9430000	6	565800	565800
Інструменти:			14		
молоток	3839,85	3362,85		537,58	470,8
зубило	3636	2916		509,04	408,24
окуляри захисні	2525	2025		353,5	283,5
диск зачисний	297,95	238,95		41,71	33,45
рулетка	2884,35	2310,35		403,81	323,45
оптичний прилад	41753,4	33485,4		5845,48	4687,96
лінійка	1301,4	1085,4		182,2	151,96
маркер	260,85	186,85		36,52	26,16
лупа	215,25	215,25		30,14	30,14
Разом	94460549	87400961		7077222	6511801,7

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [11,с.26]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн
($C_{nz}=8824210,02$ грн);

C_{np} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн
($C_{np}=8671713,98$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт
($\Phi_{mz}=7458046,62$ грн/шт);

Φ_{mp} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт
($\Phi_{mp}=7388939,43$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((8824210,02 + 0,15 \cdot 7458046,62) - (8671713,98 + 0,15 \times \\ \times 7388939,43)) \cdot 100 = 16286211,85 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [11,с.27]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн
($\Phi_{ocz}=833187992$ грн);

Φ_{ocp} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн
($\Phi_{ocp}=819783103$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [11,с.26]:

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E_{yp} = 100 \cdot (8824210,02 - 8671713,98) = 15249604 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{833187992 - 819783103}{15249604} = 0,88 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	100	100
Кількість технологічного устаткування	шт	25	22
Собівартість товарної продукції	грн	8824210,02	8671713,98
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	42	38
- основних робітників	чол	32	28
Фондомісткість продукції	грн/шт	7458046,62	7388939,43
Умовна річна економія	грн	-	15249604
Річний економічний ефект	грн	-	16286211,85
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,88
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	21115,08	20612,34
- різальники	грн	23284,8	21432,6
- правильники	грн	20374,2	20374,2
- складальники	грн	26625,38	23441,91
- зварювальники	грн	25137	25137
- зачищувальники	грн	24526,95	21134,93
- контролери	грн	24169,56	24169,56
- транспортувальники	грн	23274,69	23274,69

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Планування та розробка заходів з охорони праці

Однією з основних функцій управління охороною праці є прогнозування і планування робіт.

В основі цієї функції лежить прогностичний аналіз, що має вирішальне значення в системі управління охороною праці. Планування роботи з охорони праці поділяють на перспективне, поточне та оперативне [12].

Перспективне планування – це найбільш важливі, трудомісткі і довготермінові заходи, виконання яких зазвичай потребує сумісної роботи усіх підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану повинна бути підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат з зазначенням джерел фінансування. Основною формою перспективного планування роботи з охорони праці є розроблення комплексного плану підприємства щодо поліпшення стану охорони праці.

Поточне планування здійснюють у межах календарного року через розроблення відповідних заходів у розділі «Охорона праці» колективного договору [12].

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюють за підсумками зовнішнього і внутрішнього контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на підприємстві загалом. Оперативні заходи щодо усунення виявлених недоліків (згідно припису з охорони праці) зазначаються безпосередньо у наказі по підприємству, який видається і затверджується роботодавцем.

Процес планування заходів з охорони праці, як і реалізація будь-якої іншої управлінської функції, повинен здійснюватися в три етапи [12]:

- оцінка ситуації чи стану об'єкта управління (оцінка стану безпеки праці і виробничого середовища на підприємстві);

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

- пошук шляхів і способів впливу на ситуацію (визначення варіантів заходів, які можуть вплинути на стан охорони праці);

- вибір і обґрунтування оптимального способу дій для поліпшення ситуації (визначення раціонального переліку заходів з охорони праці для включення їх у план чи колективний договір).

Відповідно до наказу №255 від 15.11.2004 р. про затвердження Типового положення про службу охорони праці НПАОП 0.00-35-04 сформовані основні завдання та розробка заходів з охорони праці [13]:

1. В разі відсутності впровадженої системи якості відповідно до ISO 9001 опрацювання ефективної системи управління охороною праці на підприємстві та сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожного працівника. Забезпечення фахової підтримки рішень роботодавця з цих питань.

2. Організація проведення профілактичних заходів, спрямованих на усунення шкідливих і небезпечних виробничих факторів, запобігання нещасним випадкам на виробництві, професійним захворюванням та іншим випадкам загрози життю або здоров'ю працівників.

3. Вивчення та сприяння впровадженню у виробництво досягнень науки і техніки, прогресивних і безпечних технологій, сучасних засобів колективного та індивідуального захисту працівників.

4. Контроль за дотриманням працівниками вимог законів та інших нормативно-правових актів з охорони праці, положень (у разі наявності) галузевої угоди, розділу «Охорона праці» колективного договору та актів з охорони праці, що діють в межах підприємства.

5. Інформування та надання роз'яснень працівникам підприємства з питань охорони праці.

Тому планування заходів з охорони праці має важливе значення, оскільки від нього залежить безпечна життєдіяльність та функціонування будь-якого підприємства чи організації.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

5.2 Правила безпеки праці зварювальних робіт під час виготовлення рами електровоза

Виготовлення рами електровоза відбувається за допомогою механізованого зварювання в захисних газах, а це відповідно вид професійної діяльності підвищеної небезпеки. Тому до його виконання надається допуск лише після проведення попереднього інструктажу. Під час виконання зварювальних робіт мають місце не тільки фізичні, але і хімічні процеси, які несуть у собі реальну загрозу здоров'ю і життю людини у разі недотримання правил техніки безпеки. Наприклад, УФ-випромінювання залишає опіки на руках і пальцях, обпікає очі при прямому впливі [14].

У процесі зварювання також виділяються випари, в яких містяться мікрочастинки розплаву металів. При потрапленні в організм, вони уражують органи дихання зварювальника і викликають отруєння. Крім того, висока ймовірність отримати сильний опік від бризок розплавленого металу.

Щоб уникнути опіків, отруєнь та інших травм у процесі виконання зварювальних робіт важливо не тільки дотримуватись елементарних правил техніки безпеки, але і врахувати фактори ризику на підприємстві [14].

Незалежно від місця використання зварювального обладнання (у приміщенні або на вулиці), існує ризик отримати травму або опік. При цьому небезпека виникає як для самого зварювальника, так і людей, що його оточують. Тому користуватися засобами захисту повинен не тільки сам фахівець, але і його помічники.

Оскільки зварювальні роботи відносять до робіт підвищеної небезпеки, існує безліч факторів ризику отримання травми [14]:

- іскри, що утворюються у процесі зварювання, легко пропалюють всі види тканин, окрім спецзахисту. Це призводить до опіків різного ступеню тяжкості;
- бризки розплавленого металу пропалюють взуття зі штучних матеріалів;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

- при розплавленні металу утворюються гарячі випари, які призводять до опіків очей або шкіри обличчя;
- під час викидання іскор у процесі зварювання можуть спалахнути горючі матеріали, які знаходяться поблизу;
- ризик ураження електричним струмом у разі поганої ізоляції кабелю;
- шуми високого рівня, які генерує зварювальний апарат під час роботи;
- ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання;
- під час дугового зварювання випромінюється яскраве світло, яке спричиняє осліплення очей;
- під час плавлення металів у повітря виділяються випари з речовинами, які надають шкідливий вплив на органи дихання: свинець, хром, цинк, кадмій та інші;
- висока ймовірність отримання опіку через тепловий вплив пальника або електричної дуги.

З метою уникнення будь-яких ризиків потрібне суворе дотримання стандартів безпеки [14].

Тому при виготовленні рами електровоза за допомогою зварювання потрібно дотримуватися таких основних правил з техніки безпеки [14]:

- 1) постійно контролювати формування зварювального шва;
- 2) огорожувати робочу зону захистом висотою 1,8 м, щоб зварювальна дуга не нашкодила випадковим перехожим;
- 3) на місці проведення робіт не має бути сміття та легкозаймистих предметів;
- 4) використовувати засоби захисту очей і обличчя;
- 5) під час робіт на висоті використовувати страхувальні пояси;
- 6) пересувати зварювальний апарат тільки після повного припинення подачі електроживлення;
- 7) слідкувати, щоб зварювальні кабелі не скручувалися в процесі роботи;

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8) обов'язково носити спеціальний одяг: краги з вогнетривких матеріалів, взуття зі шкіри та повсті, захисну маску і, у разі необхідності, респіратори та каску.

Заборонено експлуатувати зварювальний апарат у вологому середовищі, а також під дощем або в снігопад, що є дуже небезпечним.

При виготовленні рами електровоза не варто забувати, що в процесі плавлення металів утворюється інтенсивне випаровування шкідливих речовин. Тому робота за відсутності витяжної вентиляції є неприпустимою. У виняткових випадках можна використовувати спеціальні засоби захисту органів дихання, але лише нетривалий час [14].

Дотримання вищезазначених вимог правил техніки безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки при виготовленні рами електровоза дозволить забезпечити надійну експлуатацію обладнання та пристосувань зі збереженням здоров'я робітників.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі вдосконалення технології виготовлення рами електровоза були запропоновані такі заходи:

- впровадження сучасного зварювального обладнання;
- оптимізація параметрів режиму зварювання;
- перехід від напівавтоматичного зварювання в середовищі CO_2 до напівавтоматичного зварювання в суміші захисних газів K-2 (Pureshield P31), що містить 82% аргону та 18% CO_2 ;
- встановлення клавішних пневматичних притискачів для підвищення ефективності та зручності фіксації деталей.

Раму електровоза виготовляють із низьколегованої конструкційної сталі 09Г2С, зварювання якої виконують напівавтоматичним способом у захисному середовищі газової суміші 80% аргону та 20% вуглекислого газу з використанням дроту Св-08Г2С діаметром 1,0 мм.

Для виконання зварювальних робіт застосовується напівавтоматичне обладнання марки Титан ПІСПА 530 М.

У межах роботи були визначені параметри режиму зварювання, які мають такі значення:

- зварювальний струм $I_{зв}=130$ А;
- напруга на дузі $U_d=27$ В;
- швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=220$ м/год;
- швидкість зварювання $V_{зв.}=20$ м/год;
- витрати захисного газу $Q_r=2,0 \times 10^{-4}$ м³/с.

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 09Г2С. Сталі низьколеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-09g2s/> (дата звернення: 21.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 23.05.2026).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 23.05.2026).
6. Довідник зварника. Бібліотека Дніпровської політехніки: веб-сайт. URL: <https://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/77382?locale-attribute=es> (дата звернення: 23.05.2026).
7. Зварювальний напівавтомат Titan ПІСПА 530М. Характеристики зварювання Titan ПІСПА530М: веб-сайт. URL: https://www.donmet.com.ua/katalog-produkcii?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&category_id=83&product_id=721 (дата звернення: 24.05.2026).
8. 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).

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

9. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького національного технічного університету: веб-сайт. URL: https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=254263 (дата звернення: 02.06.2026).

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

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

12. Організація охорони праці на підприємстві. Освітній портал: веб-сайт. URL: <https://learn.ztu.edu.ua/mod/resource/view> (дата звернення: 10.06.2026).

13. НПАОП 0.00-35-04 «Типове положення про службу охорони праці».

14. Техніка безпеки під час виконання зварювальних робі. Безпечне зварювання: веб-сайт. URL: <https://dnipro-m.ua/news/tekhnika-bezopasnosti-pri-vypolnenii-svarochnykh-rabot/> (дата звернення: 11.06.2026).

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.04.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		