

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 трубоукладача ТР.12.19.01

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

Богдан КОНЕТ

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

КОНЕТУ Богдану Михайловичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами трубоукладача ТР.12.19.01

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 Аналіз розділу «Охорона праці» колективного договору підприємства

5.2 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки проекту вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами трубоукладача ТР.12.19.01 – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-зварювальної наладки – 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)

Богдан КОНЕТ

(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 трубоукладача ТР.12.19.01 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 pipelayer frame TR.12.19.01 manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	7
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	10
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	10
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	11
1.3.4 Вимоги до складання	12
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	15
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	16
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	17
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	22
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	24
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	27
2.6.1 Заготівельні операції	27
2.6.2 Складальні операції	28
2.6.3 Складально-зварювальні операції	28

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Конет				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гаврилюк						4	65
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	29
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	29
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	29
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	30
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	33
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	33
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	35
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	37
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	37
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	42
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	45
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	46
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	52
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	52
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	54
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	57
5.1	Аналіз розділу «Охорона праці» колективного договору						
	підприємства.	.	.	.	.	.	57
5.2	Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки						
	проекту вдосконалення технологічного процесу виготовлення						
	рами трубоукладача ТР.12.19.01	.	.	.	.	.	59
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	62
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	63
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	65

ВСТУП

Зварювання є одним із основних технологічних процесів виготовлення та ремонту виробів у різних галузях промисловості, будівництва й транспорту. Без зварювання неможливе виробництво автомобілів, кораблів, літаків, мостів, котлів, турбін, реакторів та інших конструкцій. Зварювання дозволило створити принципово нові конструкції машин, внести корінні зміни в конструкцію й технологію виробництва. Порівняно з іншими способами виготовлення конструкцій зварні є легшими та дешевшими. При цьому економія металу становить від 10 до 50%. За допомогою зварювання одержують нероз'ємні з'єднання майже всіх металів і сплавів різної товщини – від сотих часток міліметра до декількох метрів. Поряд з традиційними конструкційними сталями зварюють спеціальні сталі та сплави на основі титану, цирконію, молібдену, ніобію й інших матеріалів, а також різномірні матеріали [1, с. 3].

Суттєво розширилися умови проведення зварювальних робіт. Електричне зварювання виконують в умовах високих температур, радіації, в глибокому вакуумі, під водою, в умовах невагомості. Швидкими темпами освоюються нові види зварювання: електронно-променеве, світлове, дифузійне, ультразвукове, електромагнітне, лазерне та ін. Розширились можливості дугового й контактного зварювання [1, с.3].

Висока продуктивність, якість і надійність зварних з'єднань, а також економне використання металу зумовили те, що зварювання стало основним технологічним процесом у виробництві металевих конструкцій будь-якого типу.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

У цьому випадку виріб являє собою раму, що входить до складу трубоукладача ТР.12.19.01. Для забезпечення високої міцності та жорсткості її виготовляють зі сталі марки СтЗсп.

Рама трубоукладача складається з двох напіврам, виготовлених із парних кутників. Її довжина становить 4525 мм, а ширина – 2765 мм.

Загальний вигляд рами трубоукладача ТР.12.19.01 наведено на рисунку 1.1.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Основні технічні вимоги до виробу та його зварювання передбачають дотримання розмірів деталей і параметрів режиму зварювання. Ці параметри повинні гарантувати якість зварних з'єднань відповідно до вимог, що визначаються для кожного типу залежно від товщини деталей, марки сталі та застосованих матеріалів. Зварні шви необхідно очищати від шлаку, а лицеві поверхні, які підлягають фарбуванню згідно зі стандартом, - від бризок. Такі поверхні слід зазначати в конструкторській документації.

Грунтування, шпатлювання та фарбування зварного виробу виконують лише після його приймання контролем. Правлення після зварювання допускається за умови збереження міцності з'єднань. На конструкції має бути тавро зварника, майстра або бригадира, а решта технічних вимог зазначається у кресленнях.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення рами трубоукладача застосовують конструкційну маловуглецеву сталь звичайної якості марки Ст3сп. Її механічні властивості наведено в таблиці 1.1, а хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі Ст3сп [2]

Стан постачання	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5 ,
	МПа		%
	не менше		
Прокат гарячекатаний	225	370-480	23

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст3сп, % [2]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,14-0,22	0,40-0,65	0,12-0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Зварюваність металу оцінюють за результатами 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:

$$C_e = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,44 \quad \%$$

Еквівалентний вміст вуглецю становить менше 0,45, тому сталь має добру зварюваність і може зварюватися всіма поширеними методами без додаткових операцій.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для забезпечення високої якості зварних з'єднань необхідно застосовувати сертифіковані матеріали та напівфабрикати. За наявності зовнішніх дефектів або відсутності сертифікатів їх допускають до виробництва лише після проведення хімічного аналізу, механічних випробувань та перевірки на зварюваність.

Матеріал для виготовлення виробу перевіряють на відсутність дефектів. Раму контролюють щодо чистоти поверхні та можливих пошкоджень: пор, усадочних раковин, тріщин, вм'ятин, а також небажаних покриттів, що можуть заважати технологічному процесу зварювання.

Напівфабрикати та деталі слід зберігати в закритих приміщеннях на дерев'яних стелажах у бухтах. Поверхневі дефекти сприяють затриманню вологи й забруднень, що прискорює утворення іржі та знижує корозійну стійкість металу. Для її підвищення необхідно забезпечити високу чистоту поверхні та ретельне згладжування дрібних нерівностей.

Усі матеріали та напівфабрикати повинні супроводжуватися сертифікатами заводу-постачальника або паспортами. За їх відсутності допуск у виробництво можливий лише після проведення випробувань для підтвердження відповідності вимогам стандартів постачання.

Основні технічні вимоги до виробу та його зварювання полягають у дотриманні розмірів деталей і параметрів режиму зварювання. Ці параметри повинні забезпечувати належну якість з'єднань відповідно до вимог, що

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

визначаються залежно від товщини деталей, марки сталі та використаних матеріалів. Зварні шви необхідно очищати від шлаку.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Шорсткість поверхні – це характеристика нерівностей, виражена числовими величинами, що показують ступінь їх відхилення на базовій довжині від теоретично гладкої поверхні заданої геометричної форми.

Міцність деталей значною мірою залежить від шорсткості поверхні. Руйнування, особливо за змінних навантажень, часто спричинене концентрацією напружень у місцях нерівностей.

Під точністю виготовлення розуміють ступінь відповідності розмірів, форми, розташування та шорсткості поверхні виробу параметрам, заданим у кресленні. Основні вимоги такі:

- 1) чим менша шорсткість, тим нижча ймовірність утворення поверхневих тріщин від втоми металу;
- 2) дотримання розмірів деталей у межах встановлених допусків;
- 3) низька шорсткість поверхні може бути потрібна для забезпечення привабливого зовнішнього вигляду та зручності підтримання чистоти.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварне з'єднання – це ділянка конструкції або виробу, де елементи з однорідних чи різнорідних матеріалів поєднані зварюванням. Такі з'єднання не повинні мати дефектів, що перевищують норми, встановлені стандартами. Якість зварних швів визначає експлуатаційну надійність виробів і конструкцій, яка залежить від пластичності, довговічності та циклічної міцності. Тому під час зварювальних робіт важливо запобігати появі дефектів, своєчасно їх виявляти й усувати, а також раціонально організовувати виробництво.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Основні вимоги:

- 1) шов має бути рівномірним за шириною та висотою по всій довжині;
- 2) поверхня повинна бути чистою, без свищів і залишків шлаку;
- 3) при виконанні кутових і стикових швів їхні кінці слід виводити на технологічні планки.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання – це процес послідовного з'єднання та закріплення деталей згідно з технологічними картами. Воно повинно забезпечувати точне встановлення зварюваних елементів відповідно до креслень і створювати оптимальні умови для зварювання.

У процесі складання необхідно дотримуватися таких вимог:

- точність контролюють шаблонами, вимірювальними приладами та щупами;
- утворення великих зазорів між деталями не допускається;
- складання виконують у пристроях (кондукторах) із застосуванням прихоплювань – коротких швів;
- зварювані деталі слід встановлювати точно відповідно до креслення виробу.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Працездатність і безпечність зварного виробу залежать від якості з'єднання. Для її оцінки застосовують якісні показники, зокрема ступінь окислення поверхні шва (визначається за кольорами мінливості). Якість технологічного процесу виготовлення конструкцій визначає їхні техніко-економічні характеристики – надійність, економічність виробництва та експлуатації. У проекті технології комплексно розробляють заготівельні операції, складання, зварювання та контроль готового виробу.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Основні методи контролю якості зварних з'єднань включають:

- випробування швів на щільність;
- механічні випробування металу та з'єднань;
- металографічні дослідження;
- рентгенівське та гамма-просвічування;
- ультразвуковий і магнітний контроль.

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

Рамні конструкції являють собою систему жорстко з'єднаних балок. Виготовлення зварної рами передбачає попереднє виготовлення її елементів, після чого складання полягає у забезпеченні їхньої придатності до проектного взаємного розташування та виконанні необхідних спряжень між ними.

Технологічний процес виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 включає такі основні операції: розмічування, різання, складання, зварювання, транспортування, контроль якості та наступне складання і зварювання.

У загальному технологічний процес виготовлення рами включає:

- виготовлення хребтової балки;
- виготовлення поздовжніх балок;
- виготовлення поперечної балки.

Переріз хребтової балки утворюють два двотаври. Перед складанням до них приварюють необхідні деталі, після чого двотаври з'єднують між собою прихватками. Далі їх встановлюють у пристосування – раму, закріплену на фундаменті та оснащену фіксаторами й пневмопритискачами. Положення елементів фіксується кільцевими, боковими та вертикальними притискачами. Зверху укладають ще один двотавр, закріплюють його по краях і прихватують нижню полицю до верхніх полиць двотаврів. Після цього складену хребтову балку звільняють із закріплень.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поперечні балки встановлюють під час загального складання рами трубоукладача. Їхній переріз, як і у поздовжніх балок, має коробчасту форму, утворену з'єднанням двох парних кутників. Зварювання всіх поперечних і поздовжніх балок виконують у середовищі вуглекислого газу. Після завершення складання та прихоплювання елементів раму переставляють на спеціальне пристосування, де проводять її повне заварювання.

Контроль якості зварних з'єднань на всіх етапах виготовлення здійснюють візуально-оптичним методом.

В існуючому технологічному процесі спостерігаються такі недоліки:

- використання застарілого обладнання;
- неправильно підібрані параметри режиму зварювання;
- застосування гвинтових притискачів у складальних стендах, що збільшує час складання.

Усунути їх можна такими заходами:

- впровадження сучасного обладнання;
- встановлення джерел живлення, які забезпечують оптимальний режим зварювання;
- правильний підбір параметрів режиму;
- використання захисної газової суміші MIX-1 (Ar 82% + CO₂ 18%);
- заміна гвинтових притискачів на клявішні пневматичні.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

При виготовленні цього зварного виробу можуть застосовуватися такі способи зварювання:

- ручне дугове зварювання (РДЕ) забезпечує якісні зварні з'єднання, проте потребує значних трудових витрат з боку зварників і слюсарів через необхідність очищення шва від шлаку. У великосерійному виробництві, зокрема під час виготовлення рам, застосування цього способу є економічно не вигідним;

- напівавтоматичне зварювання під флюсом забезпечує якісні шви, проте, як і ручне дугове зварювання, потребує очищення від шлаку після виконання. Цей спосіб доцільно застосовувати для зварювання швів середньої довжини, тоді як у конструкції рами всі шви є короткими, що робить його менш ефективним;

- напівавтоматичне зварювання в захисних газах є найдешевшим серед перелічених способів і не потребує очищення шва від шлаку. Воно значно зменшує витрати ручної праці порівняно з іншими методами. Основними недоліками цього способу є інтенсивне розбризкування металу та неможливість виконання зварювання на змінному струмі;

- газове зварювання теоретично може застосовуватися для виготовлення даного виробу, однак воно непридатне для багатосерійного виробництва. Метод потребує використання горючих газів та спеціальної апаратури, а також суворого дотримання техніки безпеки. До його недоліків належать низька продуктивність праці та мала швидкість виконання зварювання.

Отже, враховуючи форму, геометричні та конструктивні розміри виробу, оптимальним є застосування електродугового зварювання в середовищі захисного газу, яке вирізняється доступністю та мобільністю.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Технічні переваги зварювання в середовищі захисного газу полягають у відносній простоті процесу, можливості його виконання в напівавтоматичному та автоматичному режимах, а також у зварюванні швів у різних просторових положеннях. Це забезпечує швидке та якісне виконання робіт.

Таким чином, для зварювання рами трубоукладача ТР.12.19.01 застосовують напівавтоматичне зварювання в суміші захисних газів МІХ-1 (Ar 82% + CO₂ 18%).

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 застосовують сталь марки СтЗсп.

Вибір зварювальних матеріалів є важливою складовою технологічної розробки. Лише за умови правильного підбору основних і допоміжних матеріалів можна отримати високоякісні зварні з'єднання, що забезпечують рівномірність металу шва з основним металом.

Правильний підбір зварювальних матеріалів має вирішальне значення, адже саме він визначає механічні та фізико-хімічні властивості металу шва. Ці характеристики повинні відповідати вимогам надійності конструкції та забезпечувати її безпечну й довговічну експлуатацію.

При виборі зварювальних матеріалів слід враховувати такі умови:

- забезпечення отримання безпористого шва;
- формування швів із високою технологічною міцністю.

Як захисний газ застосовують суміш МІХ-1, що містить:

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

У напівавтоматичному зварюванні витрати на захисний газ становлять лише 5–10% від загальних, тоді як на зварювальний дріт припадає понад половину. Використання сертифікованих газових сумішей суттєво зменшує, а

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

іноді й повністю усуває розбризкування металу, забезпечуючи більш рівний і плоский профіль шва порівняно з чистим CO₂. Це дозволяє зекономити до 15–25% дорогого зварювального дроту та скоротити витрати на очищення. Крім того, підвищення швидкості зварювання й інші переваги сумішей сприяють зниженню трудомісткості робіт.

Для зварювання рами трубоукладача використовують дріт марки Св-08Г2С, який широко застосовується в машинобудуванні для зварювання маловуглецевих сталей. Висока міцність і достатня пластичність шва забезпечуються комплексним легуванням металу та якісним розкисленням зварювальної ванни, що гарантує його рівномірність з основним металом.

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

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

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

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Основними параметрами режиму зварювання в суміші захисних газів, що визначають розміри та форму шва, є:

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

- виліт електроду l_d , мм;
- витрати захисного газу Q_g , м³/с.

Згідно зі стандартом, при зварюванні металу в суміші газів кромки деталей товщиною понад 10 мм необхідно попередньо розробляти. При цьому кут розроблення зменшують до 40°, а притуплення виконують у межах 1–2 мм при зазорі 0–5 мм. Стикові з'єднання елементів товщиною від 1 до 10 мм рекомендується виконувати однобічним зварюванням без розроблення кромки.

При розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити одержання катету шва, назначеного конструктором за міцністю.

Визначаємо площу наплавленого металу F_n за формулою [5, 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 [5, с.192]:

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

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

Визначаємо ширину шва b , за формулою [5, с.192]:

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

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

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [5, с.193]:

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

тоді,

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

попередньо вибравши значення ψ_m з рекомендованої межі 0,8-2,0 мм [5, с.196],
приймаємо $\psi_m=1,3$, отже :

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

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

Визначаємо глибину проплавлення h_0 , за формулою [5, с.192]:

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

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

Для зварювання конструкції із маловуглецевої сталі катетом 5 мм,
вибираємо електродний дріт діаметром 1,2 мм.

Визначаємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою [5, с.192]:

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,45$ [5, с.193],

$$I_{зв} = \frac{1,9037}{1,45} \cdot 100 = 131,2896 \quad I_{зв} \approx 140 \quad \text{А.}$$

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [5, с.194]:

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=15$ г/А×год [5, с.189],

γ – густина електродного дроту, для сталі $\gamma=7,8 \times 10^3$ кг/м³,

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

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

Отже:

$$V_{n.д.} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 140}{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 131,25 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо $V_{п.д.}=130$ м/год.

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [5, с.183]:

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 140}{1000 \cdot \sqrt{1,2}} \pm 1 = 26,4 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо $U_d=26 \pm 1$ В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [5, с.183]:

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

$$V_{зв} = \frac{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 131,25}{12,5 \cdot 10^{-6}} = 11,8 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо $V_{зв}=12$ м/год.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [5, 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 1.2 мм $\gamma=75\dots300$ А/мм² [5, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{140}{125}} = 1.1958 \quad \text{мм},$$

що є допустимо.

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

Витрати захисного газу $Q_r = 2,0 \times 10^{-4}$ м³/с [4, 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	140
Напруга на дузі	U_d	В	26±1
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,2
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	12
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	130
Розхід захисного газу	Q_r	м ³ /с	$2,0 \times 10^{-4}$

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для зварювання рами трубоукладача застосовують інверторний напівавтомат Jasic MIG-180 «Карпати». Цей апарат дозволяє виконувати зварювання в наступних режимах: напівавтоматичному в захисних газах (MIG/MAG) та ручному покритими електродами (MMA).

MIG-180 Карпати (N2A5) – це відмінне рішення як для невеликих майстерень, коли є необхідність виконувати зварювання декількох видів, так і для домашніх цілей. IGBT транзисторна схема, що лежить в основі конструкції робить джерело легким і компактним, при цьому зберігаючи потужність і продуктивність [6].

Обладнання оснащено вбудованими функціями, які полегшують роботу зварювальника, роблячи її більш зручною. Так функція форсажу дуги (arc force) дозволяє підтримувати довжину дуги стабільною, щоб уникнути прилипання електрода до деталі. Для безпеки роботи у вологих приміщеннях інвертор обладнаний блоком зниження напруги холостого ходу, а для полегшення початкового розпалу дуги є функція регульованого гарячого старту (можна налаштувати значення струму і час дії функції). Окремо варто відзначити інтелектуальну систему охолодження - вентилятор примусового обдування працює тільки тоді, коли в цьому є необхідність [6].

Виконання апарату моноблочне, двороликовий механізм подавання дроту і джерело зібрані в одному корпусі. Механізм розрахований на роботу з касетами дроту масою до 5 кг. Можливе застосування дроту діаметрами 0.6, 0.8, 1.0 і 1.2 мм [6].

Панель керування Jasic MIG-180 Карпати (N2A5) багатофункціональна. Для управління основними параметрами зварювання безпосередньо встановлені ручки регулятори, які відповідають за управління: напругою, силою струму (швидкістю подачі дроту) і жорсткістю дуги (індуктивністю). Розширені можливості пошуку задаються після виходу в контекстне меню

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

апарату. Три кнопки відповідають за вибір: режиму зварювання (MMA / MIG), режиму роботи (2T / 4T) і включення холосте протягування дроту [6].

Пальник підключається через євророз'єм (KZ-2), що винесений на передню панель, поруч з ним розташований штекер перемикання полярності для зварювання самозахисним дротом [6].

Функції і можливості [6]:

- hot start (гарячий старт), arc force (форсаж дуги), v.r.d. (зниження напруги холостого ходу);
- регулювання індуктивності (жорсткості дуги) для режиму MIG / MAG;
- регулювання продування газом після зварювання;
- регулювання допалювання дроту;
- захист від перевантажень і перегріву [6].

Технічні характеристики напівавтомата представлені у таблиці 2.3, а його загальний вигляд на рисунку 2.1.

Таблиця 2.3- Технічні характеристики зварювального напівавтомата марки Jasіc MIG-180 Карпати [6]

Діапазон робочої напруги, В	11 – 26
Зварювальний струм MIG/MAG (min), А	30
Зварювальний струм (ПВ 100%), А	90
Споживана потужність (повна), кВА	6,8
Споживана потужність (активна), кВт	4,8
Напруга холостого ходу, В	64
Швидкість подачі дроту, м/хв	1,5 – 15
Кількість роликів	2
Діаметр зварювального дроту, мм	0,6/0,8/1,0/1,2
Коефіцієнт потужності (cos φ)	0,7
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Ступінь захисту	IP21S
Габаритні розміри (ДхШхВ), мм	500x206x380
Вага, кг	9,7



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд зварювального напівавтомата марки Jasic MIG-180 Карпати [6]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Завдання контролю полягає у визначенні наявності чи відсутності дефектів у зварних швах, а також у встановленні їхніх розмірів і характеру. Це дає змогу, по-перше, оцінити можливість ремонту, а по-друге – визначити причини виникнення дефектів і розробити заходи для їх запобігання. У даному випадку застосовують такі методи контролю:

- контроль зовнішнім оглядом;
- магнітний контроль;
- ультразвукова дефектоскопія;
- радіаційний контроль.

Огляд і обмірювання готового виробу є першочерговим і важливим етапом приймального контролю. Найперше оглядають зварні шви і поверхню виробу в зоні термічного впливу. Зовнішній огляд дозволяє знайти такі зовнішні дефекти: подрізи, поверхневі пори та свищі, напливи, пропали, незаварені кратери, тріщини, які виходять на поверхню, а також непровари (у випадку двобічного доступу до зварного виробу. При огляді поперечно

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

очищеної від шлаку і бризок поверхні швів і біляшовних зон застосовують лупи і при необхідності додаткове місцеве освітлення. Розміри швів, ширину, висоту посилення, плавність переходу від посилення до основного металу, катет шва перевіряють за допомогою спеціальних шаблонів [1, с. 435, 436].

Магнітні методи контролю дозволяють виявити дефекти зварних з'єднань – тріщини, непровари, шлакові включення, газові пори (поверхневі та на глибині до 20-25 мм), а також дрібні дефекти основного металу. Дані методи ґрунтуються на реєстрації та аналізі магнітних полів розсіювання, які виникають у місцях розташування дефектів. Найчастіше застосовують магнітопорошковий і магнітографічний способи. Магнітний потік (Φ) у феромагнітному матеріалі поширюється по перерізу рівномірно, якщо цей матеріал суцільний і його магнітна проникність має постійне значення [1, с. 442].

У місцях, де є дефекти, суцільність матеріалу порушується. Середовище дефектів виявляє великий опір магнітному потоку, який відхиляється і обтікає дефект. Магнітне поле в цьому місці стає густішим, частково виходить за межі деталі, поширюється в повітрі і входить у виріб за межами дефекту. В місцях виходу і входу магнітного потоку утворюється магнітні полюси, які зберігаються за рахунок залишкової намагніченості та після зняття намагнічуючого поля. Магнітне поле над дефектом називають полем розсіювання [1, с. 442].

Ефект розсіювання проявляється максимально, якщо дефект розташований перпендикулярно до напрямку магнітного потоку [1, с. 443].

Ультразвукова дефектоскопія якості зварних з'єднань застосовується на заводах і в монтажних організаціях [1, с. 444].

Переваги контролю ультразвуковим методом – це оперативність, чутливість до найнебезпечніших дефектів (тріщини й непровари), високі техніко-економічні показники. Апаратура для контролю – портативна та надійна [1, с. 444].

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виявлення дефектів у зварному з'єднанні в основному застосовують три методи ультразвукового контролю: ехо-імпульсний метод, тіньовий і дзеркально-тіньовий [1, с. 444].

Ехо-імпульсний метод здійснюється шляхом введення у виріб імпульсу ультразвуку і прийому відображеного від дефекту ехо-сигналу, який є ознакою наявності нещільності. За відрізком часу між вказаними імпульсами роблять висновки про глибину залягання дефекту [1, с. 444].

При тіньовому методі шукачі розташовують на протилежних поверхнях виробу, ультразвук проходить від випромінювача до приймача через контрольований переріз, а ознакою дефекту є зменшення амплітуди (інтенсивності) сигналу. Цей метод використовується в імпульсному та неперервному режимах випромінювання ультразвуку [1, с. 444].

Дзеркально-тіньовий метод – про наявність дефекту роблять висновок за зменшенням амплітуди ехо-сигналу, відображеного від протилежної донної поверхні виробу і ослабленого наявними нещільностями [1, с. 445].

Можливість неруйнівного контролю радіаційними методами заснована на здатності іонізуючих випромінювань, які випускає джерело, проникати з різним ступенем послаблення через зварне з'єднання і діяти на реєструючий пристрій (детектор) [1, с. 446].

Залежно від способу реєстрації результатів (способів детектування) розрізняють три методи радіаційного контролю: радіографічний, радіоскопічний і радіометричний [1, с. 446].

Виявлення дефектів при радіаційному просвічуванні ґрунтується на різному поглинанні рентгенівського чи гама-випромінювання ділянками металу з дефектами чи без них. Зварні з'єднання просвічуються спеціальними апаратами [1, с. 446].

З технологічних та конструктивних міркувань контроль зварних швів рами трубоукладача ТР.12.19.01 здійснюють візуально-оптичним методом та

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ехо-імпульсною ультразвуковою дефектоскопією. При цьому необхідно перевіряти:

- геометричні параметри шва (зокрема розмір катета);
- наявність пор, тріщин, підрізів, незаварених кратерів і непроварів.

Контроль проводять неозброєним оком або з використанням лупи.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 включає основні технологічні операції:

- підготовчі;
- складання елементів конструкції;
- зварювання;
- механічна і термічна обробка;
- контроль якості;
- фінішні операції.

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення заготовок, що входять до складу вузлів рами, виконують такі операції:

- правлення;
- розмічування;
- різання;
- очищення.

Заготовки виготовляють із листового та фасонного прокату (кутників, двотаврів). Листи виправляють у холодному стані на вальцях шляхом місцевих пластичних деформацій, а профілі – на роликових машинах за аналогічним принципом.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розмічування є трудомістким процесом, тому замість шаблонів застосовують оптичний метод: креслення проектується безпосередньо на поверхню.

Для поперечного різання кутників і двотаврів використовують прес-ножиці з фасонними ножами. Перед складанням деталі очищають від фарби, іржі та мастил металевими щітками й протирають тканиною.

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням проводять візуальну перевірку деталей на відповідність кресленням. У процесі складання забезпечують правильне взаємне розташування елементів, яке вони повинні мати у готовому виробі. Складальний вузол має бути достатньо жорстким і міцним, щоб уникнути деформацій під час зварювання. Для складання та зварювання вузлів рами трубоукладача застосовують спеціальну складально-зварювальну наладку.

Складання конструкції здійснюють у такій послідовності:

- встановлюють деталь у пристосування за фіксатором;
- розміщують елементи з орієнтацією по пазу та упору;
- додають інші деталі у пристосування;
- закріплюють їх притискачами;
- виконують прихоплення у визначених місцях.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

За розрахунковими параметрами режиму зварювання здійснюють налагодження напівавтомата: встановлюють силу струму, витрати захисного газу та швидкість подачі дроту.

Під час складання, коли елементи виробу розташовані у проектному положенні, виконують прихватки в місцях майбутніх швів, після чого проводять повне зварювання складальної одиниці.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після зварювання виконують зачищення швів та видалення бризок металу з поверхонь вузлів. Для опоряджувальних операцій застосовують: захисні окуляри DeWalt DPG82-11D Concealer, слюсарний молоток Compass 400 г CP-MHF0400, зубило Dnipro-M плоске 14x250x30 мм SDS+, шліфувальну машину Kinzo 8E282, зачисний диск Корал KINGLION.

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні операції забезпечують якість, точність і довговічність конструкції, створюючи умови для ефективного виконання основних технологічних процесів.

Перед початком зварювання виконують налагодження обладнання: регулюють витрати захисного газу, виліт електродного дроту та встановлюють параметри необхідного режиму.

Під час перевантажувальних і підіймально-транспортних робіт виконують: встановлення деталей у наладці, доставку заготовок на робоче місце і транспортування вузлів до наступних операцій.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють комплекс перевірок на всіх етапах виготовлення зварної конструкції, зокрема:

- контроль вхідних та зварювальних матеріалів;
- перевірку якості технологічних операцій;
- контроль зварних з'єднань та готової продукції.

Під час зовнішнього огляду оцінюють форму й розташування швів відповідно до креслення, а також перевіряють наявність зовнішніх дефектів і можливі деформації вузлів.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводять для визначення їх кількості, необхідної при виготовленні конструкції, а також для забезпечення економного та раціонального використання у виробництві промислових і будівельних підприємств. Загальні правила нормування витрат і відходів, а також методи їх визначення у зварювальному виробництві регламентує ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [7].

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

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

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

де α_n – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_n = 15 \text{ г/А·год}$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв} = 140 \text{ А}$;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш} = 3,20 \text{ м}$.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 140 \cdot 3,20 \cdot 10^{-3} = 6,72 \quad \text{кг}.$$

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

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$Q_p = 6,72 \cdot 0,7 = 4,7 \quad \text{кг},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 6,72 \cdot 0,5 = 3,36 \quad \text{кг}.$$

Отже:

$$H_{el} = 4,7 + 3,36 = 8,06 \quad \text{кг}.$$

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

$$H_g = Q_p \cdot K_g, \quad (2.16)$$

де K_g – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту, $K_g=0,85\dots0,9$;

$$H_g = 4,7 \cdot 0,9 = 4,23 \quad \text{л / хв}.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де – U_{δ} напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

$$E = \frac{26 \pm 1}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,568 \quad \kappa Bm.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

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

$$E = \frac{0,01 \cdot 26 \cdot 140 \cdot 0,05}{0,9 \cdot 0,75} = 2,912 \quad \kappa Bm.$$

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

На зварювальних пристосуваннях виконують повне зварювання виробів, попередньо закріплених прихопленнями.

Вибір і розроблення пристосувань є важливим етапом технологічної підготовки виробництва. Конструювання нових або модернізація існуючих пристосувань здійснюється на основі:

- Аналізу креслень та технічних умов на зварну конструкцію. Питання технологічності часто залишаються поза увагою конструктора, тому при проектуванні процесу та виборі пристосувань необхідно оцінювати конфігурацію деталей, точність виготовлення заготовок і стан їх поверхонь.

- Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу. Рациональний процес складання й зварювання має бути опрацьований на рівні маршрутного або розгорнутого технологічного процесу та детально вивчений конструктором пристосування.

- Аналізу виробничої програми. Враховується складність пристосування, а також доцільність його оснащення механізмами механізації чи автоматизації.

Вибір оптимального варіанту пристосування здійснюють шляхом техніко-економічного порівняння можливих рішень. При цьому враховують:

- 1) технічні показники – відповідність конструкції вимогам технологічного процесу, зручність у роботі, надійність та довговічність;
- 2) економічні показники – витрати на виготовлення та експлуатацію, рівень рентабельності, можливість механізації чи автоматизації;
- 3) раціональність застосування – забезпечення необхідної точності, продуктивності та мінімізації відходів.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазвичай обирають варіант, який поєднує технічну доцільність із економічною ефективністю, забезпечуючи найкраще співвідношення якості та вартості.

Отже, вибір типу пристосування визначається способом зварювання та складання, конструктивними особливостями виробу, матеріалом і поперечним перерізом деталей. Важливе значення мають вимоги до точності розмірів, якості складання та зварювання, а також необхідний рівень продуктивності.

При цьому важливо прагнути до зниження трудомісткості складальних і допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості виробів та покращення умов праці робітників. У серійному й масовому виробництві переважно застосовують механізовані швидкісні пристосування, що працюють за рахунок енергії повітря, рідини або електрики, а не фізичних зусиль людини.

Людина виконує лише керування механізованими пристроями та операції завантаження й вивантаження виробів у тих випадках, коли комплексна механізація чи автоматизація є технічно складною або економічно недоцільною.

Складально-зварювальну оснастку, що застосовується у зварювальному виробництві, класифікують за декількома ознаками [8, с. 18]:

1. За функціональним призначенням: пристрої для складання виробів; складально-зварювальні пристрої; зварювальні пристрої; пристрої для повороту виробу в зручне для зварювання положення; пристрої для переміщення виробу під час зварювання; пристрої для переміщення зварювальних апаратів.

2. За методом зварювання – пристрої для електродугового зварювання, для електрошлакового зварювання та для контактного зварювання.

3. За ступенем спеціалізації – пристрої універсальні, спеціалізовані та спеціальні.

4. За ступенем механізації і автоматизації – пристрої ручні, механізовані, напівавтоматичні та автоматичні.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. За необхідністю зміни положення – пристрої поворотні та неповоротні.

6. За видом установаження у виробничих приміщеннях – пристрої стаціонарні, пересувні та переносні.

7. За джерелом енергії силових приводів обертання, переміщення та притиску заготовок – пристрої пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, вакуумні, електромагнітні, електромеханічні, комбіновані.

8. За типом зварних конструкцій – пристрої для плоско листових конструкцій (для полотниць), для оболонкових конструкцій, для балкових конструкцій, для рамних та решітчастих конструкцій, для корпусних конструкцій, для деталей машин та приладів.

9. За ефективністю впливу на рівень залишкових деформацій зварного виробу: пасивні пристрої – пристрої, що передбачають утримування виробу в оснастці під час його зварювання та наступного охолодження; активні пристрої – пристрої, що передбачають попереднє навантаження зварюваних заготовок з умовою компенсації залишкових деформацій зварного виробу [8, с. 18].

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Для виготовлення зварних конструкцій високої якості необхідно забезпечити правильне складання деталей виробу, тобто їх точне взаємне розташування та надійне закріплення.

Процес складання зварювального виробу включає низку послідовних операцій. Спершу деталі, з яких формується виріб або зварний вузол, подають до місця складання. Далі їх встановлюють у складальному пристосуванні у визначеному положенні та надійно закріплюють, після чого виконують зварювання. Подавання й розташування деталей забезпечується універсальним або спеціалізованим транспортним обладнанням. Положення деталей під час складання задається установчими елементами пристосування

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або суміжними деталями, а фіксація здійснюється за допомогою затискних елементів.

У розроблених пристосуваннях застосовують пневматичні притискачі, різні типи упорів та призми. Основне призначення складального обладнання у зварювальному виробництві полягає у точній фіксації та надійному закріпленні деталей, що зварюються.

Для складання та зварювання технологічних складальних одиниць рами трубоукладача ТР.12.19.01 застосовують спеціальні складально-зварювальні наладки.

Складально-зварювальна наладка – це спеціальне пристосування, що складається з площинної або просторової рами чи плити, на якій розташовані установчі та затискні елементи. У таких наладках зазвичай виконують складання й зварювання виробів, тому їх основа має бути жорсткою та міцною, щоб витримувати зусилля, що виникають під час процесу зварювання.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика рами трубоукладача ТР.12.19.01

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	455x275	455x275
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3сп	кг	1600	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	4,06	
захисний газ – суміш МІХ-1	кг	4,23	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	85	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3сп	грн	33,6	33,2
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	120	119,4
захисний газ (суміш Ar 82% +CO ₂ 18%)	грн	34,1	33,8
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	425	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
рами трубоукладача ТР.12.19.01

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмічування	$\frac{3}{П}$				шаблон лінійка кернер маркер	870 160 79 49	III	$\frac{3,6}{2,8}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Гільйотинні ножиці MS Верстат абразивно- відрізний	598000 147000	18,5 3			III	$\frac{3,9}{3,7}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Kinzo 8E282	3136	0,9	щітка дротяна ЩД-06	65	II	2,1
Складання	$\frac{3}{П}$	Складавальн. -зварюв. наладка Пристосу- вання	1230000 821000		молоток зубило	197 116	III	$\frac{7,1}{5,6}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат Jasic MIG- 180 «Карпати»	15000				IV	5,1
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Kinzo 8E282	3136	0,9	щітка дротяна ЩД-06 молоток	65 197	II	$\frac{3,2}{3,1}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвуко- вий дефектоскоп ДУК-66П	87000		Лупа Economi- x, 90 мм 2х	88	VI	2,5

Продовження таблиці 4.2

Транспортні операції	$\frac{3}{II}$	Електроталь Т39656 Візок самохідний	22500 10700	8,37			III	2,0
----------------------	----------------	---	----------------	------	--	--	-----	-----

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 27,5;

по проекту 24,9;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 2,0;

по проекту 2,0.

Загальна штучна норма часу: по заводу 29,5;

по проекту 26,9.

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

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,06) \approx 1902 \text{ год.}$$

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

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=12,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 1100 шт.$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами трубоукладача:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,6 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 1,89 \approx 2 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,8 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 1,4 \approx 1 шт.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,9 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 2,05 \approx 2 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 1,95 \approx 2 шт.$$

Для очищування необхідно (за двома варіантами):

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{2,1 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 1,1 \approx 1 \text{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{7,1 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 3,73 \approx 4 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,6 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 2,77 \approx 3 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{5,1 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 2,68 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,2 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 1,68 \approx 2 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 1,63 \approx 2 \text{шт.}$$

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

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$n = \frac{2,5 \cdot 1100}{1902 \cdot 1,1} = 1,31 \approx 1 \text{шт.}$$

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

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню протягом року, 1100 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{1100 \cdot 2 \cdot 0,7}{2100 \cdot 0,6} = 1,22 \approx 1 \text{шт.}$$

Приймаємо один навантажувач для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [9, с.13]:

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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 $B_{np} = 1100$ шт;

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

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

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 3,6}{1850 \cdot 1,1} = 1,94 \approx 2 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 2,8}{1850 \cdot 1,2} = 1,39 \approx 1 \text{ чол}.$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 3,9}{1850 \cdot 1,2} = 1,93 \approx 2 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 3,7}{1850 \cdot 1,2} = 1,83 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 2,1}{1850 \cdot 1,2} = 1,04 \approx 1 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 7,1}{1850 \cdot 1,2} = 3,52 \approx 4 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 5,6}{1850 \cdot 1,2} = 2,77 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 5,1}{1850 \cdot 1,2} = 2,52 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 3,2}{1850 \cdot 1,2} = 1,59 \approx 2 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 3,1}{1850 \cdot 1,2} = 1,53 \approx 2 \text{чол.}$$

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1100 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,2} = 1,24 \approx 1 \text{ чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	2	1	III	III
різальники	2	2	III	III
очищувальники	1	1	II	II
складальники	4	3	III	III
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	2	2	II	II
контролери	1	1	VI	VI
транспортувальники	1	1	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	21	19	—	—

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 Ст3сп			кг	33,6	33,2	53760	53120	59136000		58432000		
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С			кг	120	119,4	487,2	484,76	535920		533240,4		
З/П	Захисна суміш МІХ-1			кг	34,1	33,8	144,24	142,97	158667,3		157271,4		
Р- ом							54391,44	53747,74	59830587,3		59122511,8		
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	1,68	1,66	2688	2656	2956800	2921600	425	425	467500	467500		
З/П	5	6	5,97	24,36	24,24	26796	26662,02						
З/П	5	1,71	1,69	7,21	7,15	7933,37	7863,57						
Р- ом		9,39	9,32	2719,57	2687,39	2991529,37	2956125,59	425	425	467500	467500		

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

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

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

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

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

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, 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 [9, 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 розмічувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 4 \cdot 51,5 \cdot 3,6 = 741,6 \text{ грн};$$

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$З_{до} = 741,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 259,56 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 741,6 \cdot 0,4 = 296,64 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4 \cdot 51,5 \cdot 2,8 = 576,8 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 576,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,88 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 576,8 \cdot 0,4 = 230,72 \text{ грн};$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3 \cdot 51,8 \cdot 3,9 = 606,06 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 606,06 \cdot (0,2 + 0,15) = 212,12 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 606,06 \cdot 0,4 = 242,42 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3 \cdot 51,8 \cdot 3,7 = 574,98 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 574,98 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,24 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 574,98 \cdot 0,4 = 229,99 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

$$З_{оо} = 5,3 \cdot 51,8 \cdot 2,1 = 576,53 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 576,53 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,79 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 576,53 \cdot 0,4 = 230,61 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,2 \cdot 52 \cdot 7,1 = 812,24 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 812,24 \cdot (0,2 + 0,15) = 284,28 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 812,24 \cdot 0,4 = 324,9 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,2 \cdot 52 \cdot 5,6 = 640,64 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 640,64 \cdot (0,2 + 0,15) = 224,22 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 640,64 \cdot 0,4 = 256,26 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{оо}} = 2,5 \cdot 54,5 \cdot 5,1 = 694,88 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 694,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 243,21 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 694,88 \cdot 0,4 = 277,95 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,7 \cdot 51,8 \cdot 3,2 = 613,31 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 613,31 \cdot (0,2 + 0,15) = 214,66 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 613,31 \cdot 0,4 = 245,33 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,7 \cdot 51,8 \cdot 3,1 = 594,15 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 594,15 \cdot (0,2 + 0,15) = 207,95 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 594,15 \cdot 0,4 = 237,66 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 4,2 \cdot 58 \cdot 2,5 = 609 \text{ грн};$$

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

$$З_{\text{по}} = 609 \cdot 0,4 = 243,6 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 5,8 \cdot 53,5 \cdot 2 = 620,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 620,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 217,21 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 620,6 \cdot 0,4 = 248,24 \text{ грн.}$$

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

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

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

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

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

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{\partial\partial} = 1 \cdot 65,7 \cdot 1850 = 121545 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 121545 \cdot 0,35 = 42540,75 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 121545 \cdot 0,4 = 48618 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{\partial\partial} = 1 \cdot 65,7 \cdot 1850 = 121545 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 121545 \cdot 0,35 = 42540,75 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 121545 \cdot 0,4 = 48618 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{\partial\partial} = 1 \cdot 65,7 \cdot 1850 = 121545 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 121545 \cdot 0,35 = 42540,75 \text{ грн};$$

$$Z_{\partial\partial} = 121545 \cdot 0,4 = 48618 \text{ грн}.$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою[9, с.17]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = 1 \cdot 17700 \cdot 12 = 212400 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 212400 \cdot 0,35 = 74340 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 212400 \cdot 0,4 = 84960 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 12100 \cdot 12 = 145200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 145200 \cdot 0,35 = 50820 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 145200 \cdot 0,4 = 58080 \text{ грн}.$$

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	375249,6	145930,4	131337,36	51075,64	150099,84	58372,16
різальники	306666,36	290939,88	107333,23	101828,96	122666,54	116375,95
очищувальники	145863,1		51052,09		58345,24	
складальники	821986,88	486245,76	287695,4	170186,02	328794,75	194498,3
зварювальники	527410,13		184593,54		210964,05	
зачищувальники	310335,87	300637,88	108617,56	105223,26	124134,35	120255,15
контролери	154077		53926,95		61630,8	
транспортувальники	157011,8		54954,13		62804,72	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	121545		42540,75		48618	
ремонтники	121545		42540,75		48618	
електрики	121545		42540,75		48618	
ІТР	212400		74340		84960	
МОП	145200		50820		58080	
Разом	3520835,74	2930350,94	1232292,5	1025622,83	2094457,55	1858263,63

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:		
сталь СтЗсп	53760	53120
зв. дріт Св-08Г2С	487,2	484,76
захисна суміш MIX-1 (Ar 82% +CO ₂ 18%)	144,24	142,97
Поворотні відходи	425	
Паливо та енергія на технологічні цілі	1240,1	1239,8
Основна заробітна плата основних робітників	2544,18	2007,38
Додаткова заробітна плата основних робітників	890,46	702,58
Премії та надбавки основних робітників	1017,67	802,95
Відрахування на соціальне страхування	62,33	49,18
Відрахування на медичне страхування	111,31	87,82
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	895,01	895,01
Цехові (дільничні) витрати	877,75	877,75
Всього цехова собівартість	61605,29	59985,19

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	2	2	745000	745000	37250	37250
очищувальне	1	1	3136	3136	156,8	156,8
складальне	4	3	2051000	2051000	102550	102550
зварювальне	3	3	15000	15000	750	750
зачищувальне	2	2	3136	3136	156,8	156,8
контрольне	1	1	87000	87000	4350	4350
транспортне	1	1	332000	332000	16600	16600
Інструменти:						
молоток	6	5	197	197	9,85	9,85
зубило	4	3	116	116	5,8	5,8
щітка	3	3	65	65	3,25	3,25
шаблон	2	1	870	870	43,5	43,5
кернер	2	1	79	79	3,95	3,95
лінійка	6	4	160	160	8	8
маркер	6	4	49	49	2,45	2,45
лупа	1	1	88	88	4,4	4,4
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	6055000	6055000	5	302750	302750
Устаткування:					
різальне	1527250	1527250	8,5	129816,25	129816,25
очищувальне	3292,8	3292,8	8,5	279,89	279,89
складальне	8306550	6255550	23,5	1952039,25	1470054,25
зварювальне	45750	45750	19,5	8921,25	8921,25
зачищувальне	6428,8	6428,8	8,5	546,45	546,45
контрольне	91350	91350	10,5	9591,75	9591,75
транспортне	348600	348600	19,5	67977	67977
Інструменти:			15		
молоток	1191,85	994,85		178,78	149,23
зубило	469,8	353,8		70,47	53,07
щітка	198,25	198,25		29,74	29,74
шаблон	1783,5	913,5		267,53	137,03
кернер	161,95	82,95		24,29	12,44
лінійка	968	648		145,2	97,2
маркер	296,45	198,45		44,47	29,77
лупа	92,4	92,4		13,86	13,86
Разом	16389383,8	14336703,8		2472696,17	1990459,17

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

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

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=83201,47$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=79182,11$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=61605,29$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=59985,19$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((83201,47 + 0,15 \cdot 61605,29) - (79182,11 + 0,15 \cdot 59985,19)) \cdot 1100 = 4688612,5 \text{ грн.}$$

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

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=81682502$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=78329955$ грн);

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

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

$$E_{yp} = 1100 \cdot (83201,47 - 79182,11) = 4421296 \text{ грн;}$$

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{81682502 - 78329955}{4421296} = 0,76 \text{ р.}$$

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	1100	1100
Кількість технологічного устаткування	шт	9	8
Собівартість товарної продукції	грн	83201,47	79182,11
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	21	19
- основних робітників	чол	16	14
Фондомісткість продукції	грн/шт	61605,29	59985,19
Умовна річна економія	грн	-	4421296
Річний економічний ефект	грн	-	4688612,5
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,76
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	27253,8	21197,4
- різальники	грн	22272,71	21130,52
- очищувальники	грн	21187,63	21187,63
- складальники	грн	29849,82	23543,52
- зварювальники	грн	25536,66	25536,66
- зачищувальники	грн	22539,22	21834,87
- контролери	грн	22380,75	22380,75
- транспортувальники	грн	22807,05	22807,05

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз розділу «Охорона праці» колективного договору підприємства

За результатами аналізу норм законодавства України про охорону праці можна зробити висновок, що будь-які питання, пов'язані із створенням безпечних і нешкідливих умов праці на конкретному підприємстві, організації та функціонуванням механізмів додержання прав і соціальних гарантій працівників, можуть та повинні вирішуватися через колективний договір (угоду) – найважливіший нормативно - правовий акт локального характеру в системі нормативного регулювання трудових взаємовідносин між власником і працівниками.

Сторонами в переговорах щодо укладення колективного договору (угоди) виступають працівники (в особі профспілки або іншого органу, який має на це повноваження трудового колективу) і власник підприємства, організації або уповноважений ним орган. Колективні переговори згідно із установленим порядком розпочинаються сторонами за три місяці до закінчення строку дії попереднього договору. Після схвалення та підписання договору його положення стають обов'язковими для виконання нормами, що діють в межах підприємства. Оскільки колективний договір (угода) є двостороннім нормативно-правовим актом, він повинен містити, поряд з вимогами до власника (адміністрації підприємства), зобов'язання працівників щодо вивчення і виконання норм, правил, стандартів та інструкцій з охорони праці, які їх стосуються [10, с.24, 25].

Аналіз колективному договору (угоди) показав, що в ньому передбачаються такі основні положення [10, с.25, 26]:

- забезпечення працівникам соціальних гарантій у галузі охорони праці на рівні, не нижчому за передбачені законодавством;
- додаткові пільги і компенсації понад норм, встановлених законодавством, якщо це необхідно і у власника є відповідні можливості;

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розмір одноразової допомоги працівникам у разі каліцтва або іншого ушкодження здоров'я, пов'язаного з виконанням ними трудових обов'язків, а також порядок зменшення розміру цієї допомоги (але не більш як на 50%), якщо нещасний випадок трапився внаслідок порушення потерпілим вимог нормативних актів про охорону праці;

- умови виплати грошової компенсації на придбання лікувально-профілактичного харчування, молока або рівноцінних йому харчових продуктів відповідним працівникам при роз'їздному характері їхньої роботи;

- заходи економічного стимулювання, включаючи види заохочень, що можуть застосовуватися до працівників за активну участь та ініціативу в роботі щодо підвищення безпеки та поліпшення умов праці;

- строк вивільнення від основної роботи уповноважених трудового колективу з питань охорони праці (із збереженням середнього заробітку) для проходження навчання, що організовується за кошти власника;

- обов'язки сторін (власника і працівників) у галузі охорони праці;

- комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадків виробничого травматизму, професійних захворювань і аварій, які рекомендовано включати в спеціальному додатку до колективного договору (із визначенням в основній частині розділу «Охорона праці» договору загальних вимог щодо виконання робіт згідно з додатком та загальної суми цільових коштів фонду охорони праці підприємства, передбачених на реалізацію цих заходів).

Зобов'язання колективного договору, які визначені трудовим колективом самостійно і стосуються запровадження додаткових (до чинного законодавства) пільг та компенсацій, також включаються окремими додатками до колективного договору згідно з рекомендованими.

Формуючи зобов'язання колективного договору (угоди), не слід обмежуватися лише питаннями, які безпосередньо перелічені вище. Розділ «Охо-

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

рона праці» повинен відповідати конкретним обставинам, які склалися на даному підприємстві, в установі, організації, та сприяти розв'язанню всіх проблем у цій важливій сфері соціально-трудових відносин [10, с.26].

Отже, розділ «Охорона праці» колективного договору підприємства має важливе значення, оскільки він є основним документом, на основі якого здійснюється врегулювання спірних питань стосовно безпечного функціонування підприємства та збереження здоров'я працівників.

5.2 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки проекту вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01

Оскільки для виготовлення рами трубоукладача використовується спосіб механізованого зварювання в захисних газах, то основною небезпекою є електричний струм, власне яким і живиться зварювальне обладнання даного процесу.

При зварюванні рами трубоукладача виникає загроза ураження електричним струмом, при цьому необхідно дотримуватись таких правил техніки безпеки [11, с.115]:

- терміново відключити струм вимикачем, який розташований найближче, або відділити потерпілого від струмоведучих частин, використовуючи сухі підручні матеріали (дошку і т. д.), після чого покласти його на теплу підстилку і по можливості зігріти;
- негайно викликати медичну допомогу, адже затримка більше 5-6 хв може призвести до непоправних наслідків;
- у разі втрати постраждалим свідомості звільнити його від тісного одягу, очистити рот від сторонніх предметів, прийняти міри проти западання язика та негайно приступити до виконання штучного дихання, продовжуючи його до прибуття лікаря або відновлення нормального дихання.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадку зварювання рами горить електрична дуга, тому потрібно прийняти деяких заходів для того, щоб унеможливити її шкідливу дію на зварника.

Для захисту очей і обличчя зварника від світлової радіації електричної дуги застосовують ручні щитки, маски або шоломи із світлофільтрами, призначеними для захисту очей від ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання. Світлове випромінювання дуги послаблюється світлофільтрами в 10^2 - 10^6 разів. Застосовують скляні світлофільтри серії С, які поділяють на 13 класів. Вони забезпечують захист очей від випромінювання при зварюванні та струмах від 5 до 1000 А. Вибирають світлофільтри залежно від виду зварювання і сили струму [11, с.115].

Виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 повинно відбуватися із забезпеченням наступних протипожежних заходів [1, с.473]:

1. При проведенні робіт зі зварювання на будівельній площадці необхідно завчасно повідомити осіб, які відповідають за пожежну безпеку.

2. Робочі місця зварників слід очистити від дерев'яних стружок, паклі, горючого сміття в радіусі не менше 10 м, а також видалити з цієї зони інші вибухо- та вогнебезпечні речовини.

3. Обережно переміщувати зварювальні проводи. При цьому особливо небезпечним є іскріння проводів (при недостатній або порушеній ізоляції) у місцях, віддалених від зварника, або недоступних для спостереження.

4. Заборонено робітникам переміщуватися із запаленим пальником за межі робочого місця, а також підніматися по сходах, риштуваннях тощо.

5. При зварюванні в небезпечних зонах обладнують спеціальні пожежні пости.

6. При тривалій або концентрованій дії іскор і крапель розплавленого металу, що утворюються при зварюванні і різанні, дерев'яні настили та підмостки необхідно захищати від загоряння листовим залізом, азбестом, а в спеку поливати водою.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Після закінчення зміни уважно обстежують робочу зону на наявність відкритого вогню, нагрітих до високої температури предметів, а також тліючих горючих матеріалів, сміття.

Таким чином, враховуючи вищенаведені рекомендації можливо забезпечити надійний процес виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 відповідно до вимог охорони праці та пожежної безпеки.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

При вдосконаленні технологічного процесу виготовлення рами трубоукладача ТР.12.19.01 були запропоновані такі рішення:

- застосування напівавтоматичного зварювання у газовій суміші МІХ-1 (аргон 82% + вуглекислий газ 18%), що полегшує виконання робіт, забезпечує надійний захист зварювальної ванни та зменшує розбризкування металу;
- використання спеціальних пристосувань та обладнання для запобігання веденню металу під час зварювання та забезпечення надійної фіксації елементів конструкції;
- впровадження сучасних зразків зварювального устаткування.

Рама трубоукладача виготовляється з конструкційної маловуглецевої сталі марки СтЗсп. Зварювання виконують напівавтоматичним способом у газовій суміші 82% Ar + 18% CO₂ з використанням дроту Св-08Г2С діаметром 1,2 мм. Як зварювальне обладнання застосовується напівавтомат Jasic MIG-180 «Карпати».

Оскільки під час виготовлення значна частина робіт припадає на складання, для підвищення продуктивності та зменшення трудових витрат застосовують складально-зварювальні наладки.

Було виконано економічний розрахунок для обґрунтування доцільності впровадження розробленого технологічного процесу та вибору відповідного устаткування.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 3сп. Вуглецеві нелеговані сталі: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/?srsltid=AfmBOoqovUYq05JXD92IkUEBmPFFrc4WRtgVJRPIQ7-d1vSlwTeWvpHj> (дата звернення: 20.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Довідник зварника. Бібліотека Дніпровської політехніки: веб-сайт. URL: <https://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/77382?locale-attribute=es> (дата звернення: 22.05.2026).
5. 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-zwariuvanni/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 22.05.2026).
6. Зварювальний напівавтомат Jasic MIG-180 Карпати (N2A5). Зварювальні напівавтомати: веб-сайт. URL: <https://jasic.ua/ua/product/mig-2185-n2a5-1144> (дата звернення: 22.05.2026).
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).
8. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навч. посібник. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Київ: Арістей, 2006. 272 с.
9. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

10. Сакун М.М., Нагорнюк В.Ф. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур: навчальний посібник. Одеса: «Видавництво», 2009. 184 с.

11. Гуменюк І.В. Обладнання та технології зварювальних робіт: навч. посіб. Київ: Грамота, 2014. 120 с.

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.11.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		