

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
контейнера газорегулюючої установки

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

Петро ПАСТІЧНИК

Керівник

Віталій СЕНЧИШИН

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

ПАСІЧНИКУ Петру Богдановичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
контейнера газорегулюючої установки

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віталій Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів

5.2 Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення контейнера газорегулюючої установки –

1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення контейнера газорегулюючої установки – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-зварювального маніпулятора – 2.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Петро ПАСІЧНИК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення контейнера газорегулюючої установки 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, опоряжувальними, 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 gas control unit container 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	9
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	12
1.3.4 Вимоги до складання	13
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	19
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	21
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	28
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	30
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	33
2.6.1 Заготівельні операції	33
2.6.2 Складальні операції	35
2.6.3 Складально-зварювальні операції	35

					<i>КР.422.18.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пасічник			Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення контейнера газорегулюючої установки Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сенчишин Віт.					4	75
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	35
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	36
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	36
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	37
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	41
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	41
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	43
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	46
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	46
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	52
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	55
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	56
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	62
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	63
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	64
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	67
5.1	Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів	.	.	.	.	.	67
5.2	Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті	.	.	.	.	.	70
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	72
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	73
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	75

ВСТУП

Основними напрямками розвитку зварювального виробництва є перехід від клепаних, литих і кованих конструкцій до більш економічних та технологічно ефективних зварних виробів, що дозволяє знизити матеріаломісткість і трудомісткість виготовлення. Важливим аспектом є також розширення виробництва зварювальних матеріалів, зокрема електродів, дроту та флюсів, що забезпечують стабільну якість зварних з'єднань. Крім того, активно впроваджуються високопродуктивні методи автоматичного зварювання, які сприяють підвищенню продуктивності праці.

Застосування зварювання відкрило можливість виготовлення високотехнологічних гідравлічних і парових турбін, які включають складні за формою та конфігурацією вузли з великою товщиною стінок. У процесі їх виробництва використовуються конструкції з легованих сталей і біметалів, що поєднують міцність і стійкість до агресивних середовищ. Біметалічні деталі зазвичай складаються з маловуглецевої або низьколегованої сталі товщиною понад 6 мм, поверхня якої покрита шаром високолегованої сталі.

Найбільш поширеним методом у сучасному промисловому зварювальному виробництві є зварювання в середовищі захисних газів, зокрема у вуглекислому газі. Його популярність обумовлена низькою вартістю вуглекислого газу, а також значним покращенням якості та продуктивності зварювального процесу. Цей метод дозволяє ефективно з'єднувати різноманітні матеріали як у напівавтоматичному, так і в автоматичному режимі, забезпечуючи стабільність шва навіть при виконанні зварювання в різних просторових положеннях.

Завдяки високій продуктивності зварювального процесу, відмінній якості та надійності зварних з'єднань, а також економічному використанню металу, зварювання стало провідним технологічним методом у виробництві металевих конструкцій різного призначення.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Зварним виробом являється контейнер, що призначений для зберігання в собі газорегулюючої установки, що містить: фільтр очистки газу, запобіжно-запірний клапан, регулятор тиску газу, лічильник газовий, запобіжно-скидний клапан, контрольно-вимірювальні прилади, трубопровідна арматура, а також обвідні газопроводи. Дані установки широко застосовують у газовому господарстві підприємств та практично скрізь, де є підведення газу.

До виробу ставляться вимоги:

- утворення рівномірного зварного з'єднання без дефектів та деформацій;
- естетичний вигляд зварного шва;
- відповідність заданим розмірам.

Для його виготовлення потрібно:

- 5,57 м кутника 4-го профілю;
- 13 м² листового металу товщиною 1 мм - для обшивки.

Габаритні розміри конструкції контейнера:

- висота – 540 мм;
- ширина – 605 мм;
- глибина – 300 мм.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

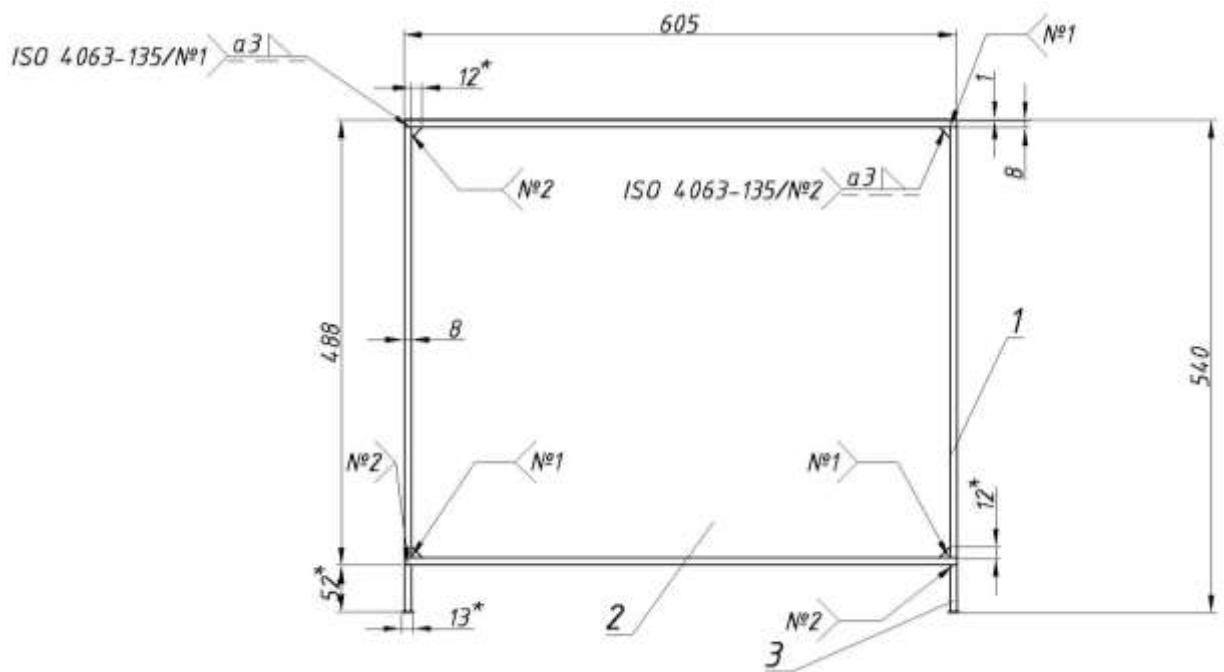


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення корпусу

Контейнер у даному випадку виконує роль захисної оболонки, але його експлуатаційні умови досить сприятливі. Він не зазнає впливу високих температур, агресивного середовища чи ударних навантажень. Єдине навантаження, яке він сприймає, - це власна маса разом із вагою обладнання, що розміщене всередині.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд контейнера газорегулюючої установки

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Основні технічні вимоги до контейнера газорегулюючої установки 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.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Виріб виготовляється зі сталі Ст3сп, яка належить до категорії маловуглецевих конструкційних сталей звичайної якості.

Механічні властивості та хімічний склад сталі наведено в таблицях 1.1, 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 - Механічні властивості сталі Ст3сп, у % [1]

Стан постачання	Переріз, мм	σ_{02}	σ_B	δ_H , %
		МПа		
		не менше		
Прокат гарячекатаний	до 20	345	490	20

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Таблиця 1.2- Хімічний склад сталі Ст3сп, у % [1]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	N	As
			Не більше						
0,12	1,3-1,7	0,5-0,8	≤0,035	≤0,04	≤0,3	≤0,3	≤0,3	≤0,008	≤0,08

Сталь Ст3сп відзначається високою технологічністю у процесах зварювання. Вона з'єднується без будь-яких обмежень: процес виконується без попереднього підігріву та без наступної термообробки.

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{\text{екв}}$:

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

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

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,44 \quad \%$$

Еквівалентний вміст вуглецю у сталі Ст3сп становить менше ніж 0,45 %, що забезпечує її високу технологічність у процесах зварювання. Завдяки цьому матеріал відповідає вимогам до виробу й може з'єднуватися усіма відомими методами без необхідності виконання додаткових операцій.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для одержання зварних з'єднань високої якості необхідно застосовувати сертифіковані матеріали та напівфабрикати. У разі виявлення зовнішніх

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					10

дефектів або відсутності сертифікатів їх допускають до виробництва лише після проведення хімічного аналізу, механічних випробувань та перевірки на зварюваність.

Напівфабрикати та деталі слід зберігати у закритих приміщеннях. Поверхневі дефекти сприяють накопиченню вологи й забруднень, що прискорює утворення іржі та знижує корозійну стійкість металу. Для її підвищення необхідно забезпечити чистоту поверхні та ретельно згладжувати дрібні нерівності.

Усі матеріали та напівфабрикати повинні супроводжуватися сертифікатами постачальника або паспортами. За їх відсутності допуск у виробництво можливий лише після випробувань для визначення характеристик. Якість і властивості матеріалів підтверджуються сертифікатами виробника, а при їх нестачі - висновками заводської лабораторії.

Зварювальний дріт перевіряють на чистоту поверхні та зберігають у середовищі, що виключає його забруднення й окислення. Захисні гази контролюють на відсутність шкідливих домішок і вологи.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Міцність деталей значною мірою визначається станом їх поверхні, зокрема рівнем шорсткості. При змінних навантаженнях руйнування часто виникає через концентрацію напружень у місцях нерівностей.

Основні вимоги до якості поверхні включають:

- 1) зменшення шорсткості знижує ймовірність утворення тріщин, спричинених втомою металу;
- 2) необхідно точно дотримуватись розмірів деталей згідно з кресленнями, у межах встановлених допусків;
- 3) низька шорсткість також важлива для естетичного вигляду виробу та зручності очищення поверхонь.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Під час виготовлення контейнера газорегулюючої установки та на етапі його проектування необхідно забезпечити точне дотримання геометричних розмірів, форми виробу та чистоти поверхонь. Це досягається шляхом встановлення таких вимог:

- розробка конструкції з урахуванням виробничих особливостей і технологічних можливостей;
- правильне оформлення всіх зварних з'єднань з урахуванням способу їх обробки, форми підготовки кромek і допусків на розміри;
- дотримання технологічного процесу для запобігання виникненню внутрішніх напружень і деформацій виробу.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Конструкція виробу та розміщення зварних швів повинні бути ретельно продумані з урахуванням:

- можливості проведення зварювання;
- легкості монтажу нагрівальних пристроїв, якщо це необхідно;
- зручності проведення контролю якості виконуваних робіт;
- безперешкодного виконання ремонтних робіт.

Властивості зварних з'єднань конструкції повинні відповідати характеристикам основного металу. У випадках, коли повна відповідність неможлива, встановлюються мінімально допустимі показники механічних властивостей, зокрема: міцність, ударна в'язкість і пластичність. Типові конструктивні елементи зварних швів визначаються нормативними стандартами, що регламентують їх форму, розміри та вимоги до виконання. У разі застосування нестандартних швів, їх геометрія та технічні параметри розробляються інженерами-конструкторами та обов'язково позначаються на кресленнях виробу.

При проектуванні вузлів, що працюють в умовах змінних навантажень, слід уникати застосування з'єднань зі слабкими геометричними формами,

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

зокрема: стиків з накладками, з'єднань зі зрізами або закругленими кутами і конфігурацій у формі ромбів. Допускається використання стикових з'єднань, за умови забезпечення рівномірного розподілу напружень у зоні з'єднання.

Конструктивні елементи зварних з'єднань підлягають перевірці на відповідність вимогам технічної документації. Кожне зварне з'єднання повинно бути промарковане згідно з встановленими правилами. Маркування дозволяє ідентифікувати зварника, який виконував роботи, що є важливим для забезпечення трасування відповідальності, контролю якості та можливості аналізу у випадку виявлення дефектів.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання деталей і вузлів перед зварюванням повинно виконуватись у спеціальних пристосуваннях, стендах або установках, які забезпечують точність виготовлення зварних вузлів та конструкції загалом. При цьому розміри основних елементів, що визначають габарити вузлів і всієї конструкції, слід задавати з урахуванням усадки металу після зварювання.

Під час визначення базових розмірів складально-зварювальних пристосувань, стендів та установок слід враховувати деформації, які виникають у процесі зварювання окремих вузлів і конструкції загалом.

Прихоплення конструктивних елементів слід здійснювати виключно в тих точках і в тій послідовності, що визначені технологічним процесом. Під час складання перед зварюванням основний метал у зонах зварювання має бути ретельно очищений від іржі, мастила, вологи та різного роду забруднень, що можуть призвести до появи дефектів у зварних з'єднаннях.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Операції складання і зварювання у технології виготовлення контейнера мають бути спрямовані на досягнення максимальної точності, що дозволяє

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зберегти високу якість зварних з'єднань, зменшити переріз швів і обмежити ширину біляшовної зони. Досягнення необхідної якості зварного з'єднання можливе за умови дотримання таких вимог:

а) зварювальні роботи повинні виконуватись виключно з використанням сертифікованих і відповідних матеріалів, зокрема захисного газу та зварювального дроту;

б) після завершення зварювання не допускається наявність дефектів, таких як непровари, тріщини чи пори;

в) необхідно забезпечити постійний контроль якості виконання зварювальних робіт на всіх етапах.

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

Для виготовлення контейнера газорегулюючої установки застосовується метод ручного дугового зварювання із використанням електродів, покритих спеціальним шаром. Зварювальні роботи виконуються за допомогою інверторного апарата Патон ЕКО-160 WA, який забезпечує стабільний струм до 160 А. У процесі використовуються електроди діаметром 3 мм, які належать до класу, що гарантує достатню міцність шва та добру сумісність із конструкційною сталлю, з якої виготовляється контейнер.

Зварювання дедалі активніше застосовується у виробництві різноманітних конструкцій, завдяки своїй ефективності та універсальності. Проте, навіть при ретельно розробленій технології зварювального процесу, не завжди вдається повністю уникнути появи випадкових дефектів у зварних з'єднаннях.

Якість продукції - це комплекс її характеристик, які визначають здатність виробу виконувати задані функції та відповідати очікуванням споживача згідно з призначенням.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Зварні з'єднання обов'язково повинні проходити механічні випробування, метою яких є перевірка їх відповідності вимогам щодо міцності та пластичності, встановленим технічними умовами на виготовлення конструкції. До основних видів таких випробувань належать:

а) статичні випробування - включають перевірку на розтяг і згин, що дозволяє визначити межу міцності та рівень пластичності металу, з якого виконано з'єднання;

б) динамічні випробування - проводяться для оцінки ударної в'язкості.

Серед методів контролю якості зварних з'єднань найбільш поширеним є візуальний (зовнішній) огляд, який використовується для оцінки стану поверхні шва та виявлення видимих дефектів. У випадку виготовлення даного виробу зовнішній огляд є основним способом контролю.

В існуючому технологічному процесі виготовлення виробу можна виділити кілька суттєвих недоліків, які знижують ефективність та якість продукції:

- 1) відсутність обладнання для позиціонування;
- 2) висока концентрація напружень;
- 3) низький рівень автоматизації;
- 4) нераціональний підбір обладнання та режимів.

Для вдосконалення технологічного процесу виготовлення контейнера газорегулюючої установки запропоновано низку рішень:

- 1) впровадження зварювальних маніпуляторів;
- 2) запровадження сучасного зварювального обладнання;
- 3) правильний розрахунок зварювальних параметрів режиму.

Запропоновані нововведення у виробництві контейнера газорегулюючої установки створюють реальні передумови для зростання ефективності та якості продукції.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Під час вибору способу зварювання для виготовлення корпусу контейнера 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 аргонного зварювання при виготовленні контейнера газорегулюючої установки 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.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час напіваавтоматичного 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 напіваавтоматичному 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 напіваавтоматичне 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.

Напіваавтоматичне 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.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
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.

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

Таким чином, для зварювання контейнера газорегулюючої установки доцільно застосовувати напівавтоматичне дугове зварювання в суміші захисних газів. Схематичне зображення процесу наведено на рисунку 2.1.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

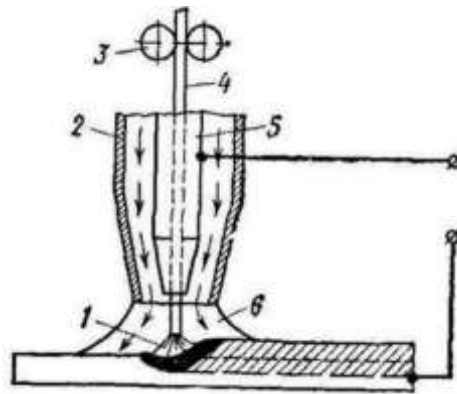


Рисунок 2.1 – Схематичне зображення зварювання в середовищі захисних газів: 1- зварювальна дуга; 2- сопло; 3- подавальні ролики; 4- електродний дріт; 5 - струмопідводний мундштук; 6 - газовий захист [2]

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Застосування захисних зварювальних газових сумішей замість традиційного вуглекислого газу дозволяє істотно підвищити швидкість зварювання без необхідності зміни технології чи обладнання. Це досягається завдяки покращенню стабільності дуги, ефективнішому перенесенню та нагнітання металу в зварювальну ванну, що позитивно впливає на якість і надійність зварного шва. Крім того, значно розширюється робочий діапазон регулювання режимів зварювання - як за напругою, так і за силою струму. Наприклад, швидкість подачі зварювального дроту може зрости з 6-7 м/хв до 12-14 м/хв. У практичних умовах використання таких сумішей сприяє переходу до режиму струменевого перенесення, що забезпечує майже ідеальну форму зварного шва.

Для захисту зварювальної дуги під час виготовлення контейнера газорегулюючої установки застосовується газова суміш, яка складається з 75% аргону і 25% вуглекислого газу. Такий склад забезпечує оптимальні умови для стабільного горіння дуги і якісного формування зварного шва.

У процесі напівавтоматичного електродугового зварювання в середовищі захисних газів основним зварювальним матеріалом виступає зварювальний дріт, а допоміжним - газова суміш.

Аргон у промисловості добувають із атмосферного повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої основними продуктами є кисень і азот, а аргон - супутній компонент. Цей газ є інертним, тобто хімічно неактивним, і може постачатися як у рідкому, так і в газоподібному стані залежно від потреб виробництва. Згідно з технічними умовами ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання контейнера газорегулюючої установки використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою основного компонента 99,998%.

Вуглекислий газ, що використовується для зварювання, повинен відповідати встановленим технічним умовам. Залежно від масової частки діоксиду вуглецю (CO₂), класифікується на різні сорти.

Під час зварювання конструкції як захисний газ застосовується вуглекислий газ вищого сорту, який характеризується високою чистотою - з максимально допустимим вмістом домішок не більше 0,2%.

Хімічний склад та механічні властивості використовуваного у виробі дроту марки Св-08Г2С наведено в таблицях 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1-Хімічний склад дроту Св-08Г2С, у % [3]

C	Mn	Si	S	P	Cr	Cu	Ni
			не більше				
≤0,15	2,3	1,0	0,025	0,03	0,30	0,30	0,30

Таблиця 2.2 - Механічні властивості дроту Св-08Г2С при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3]

Діаметр, мм	Часовий опір розриву, Н/мм ²
0,8-1,5	882 -1323
1,6	882 -1274
2	784 -1176
>2,0	686 -1029

Отже, для зварювання контейнера буде використовуватися зварювальний дріт марки Св-08Г2С, а в якості захисного середовища - суміш аргону та вуглекислого газу ($\text{Ar}+\text{CO}_2$).

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При здійсненні розрахунків параметрів режиму зварювання для виготовлення контейнера газорегулюючої установки першочерговим завданням є визначення типу зварного з'єднання.

Оскільки конструкція контейнера не належить до відповідальних, а товщина металу дозволяє виконувати зварювання без попереднього скошу кромки, найбільш раціональним рішенням є застосування з'єднання типу У4.

Для з'єднання окремих частин конструкції доцільно застосовувати напусткові з'єднання Н1. Вони є найбільш економічно вигідними у даному випадку, адже:

- 1) спрощують процес зварювання – не потребують складної підготовки кромки;
- 2) зменшують концентрацію напружень – що позитивно впливає на довговічність конструкції;
- 3) економічність – знижують витрати часу та матеріалів.

Крім того, для даної конструкції використовується кутове з'єднання, схема якого наведена на рисунку 2.2.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

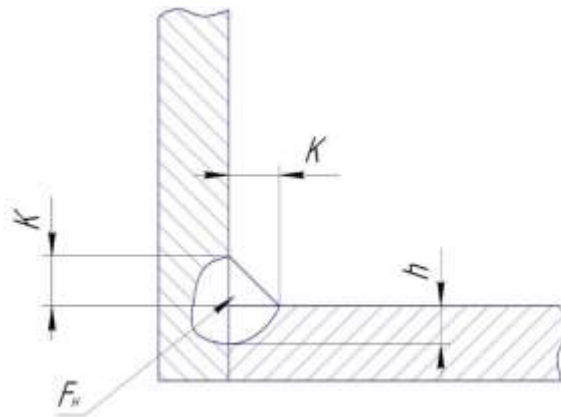


Рисунок 2.2 – Схема кутового з'єднання типу У4

K - катет шва; h - глибина проплавлення основного металу; F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу

Порядок розрахунку параметрів режиму для кутового з'єднання У4 наступний:

- визначаємо площу наплавленого металу за заданим катетом [4]:

$$F_n = K^2/2; \quad (2.1)$$

де K – катет плоского шва;

катет у даному випадку рівний товщині металу і дорівнює $K=3$ мм;

$$F_n = 3^2/2 = 4,5 \text{ мм}^2$$

- визначаємо геометричні параметри шва:

- а) висоту наплавленого металу визначаємо за формулою [4]:

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

$$a = \sqrt{4,5} = 2,12 \text{ мм}$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) ширина шва визначається за формулою [4]:

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

$$b = \sqrt{2 \cdot 3^2} = 4,2 \text{ мм}$$

Коефіцієнт форми шва таврового і кутового з'єднання, дорівнює відношенню ширини шва до загальної його висоти, повинен бути в межах 0,8...2,0 і розраховується за формулою [4]:

$$Y_{\text{ш}} = b/H; \quad (2.4)$$

$$H = h + a; \quad (2.5)$$

$$h = 0,7 - 0,8 \cdot S = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ мм}$$

$$H = 2,4 + 2,12 = 4,52 \text{ мм}$$

$$Y_{\text{ш}} = 3/4,52 = 0,66$$

Таблиця 2.3 - Залежність діаметра електродного дроту від товщини металу

Товщина металу (S), мм	0,8-2,0	3,0-6,0	8,0-14,0	16,0-20,0	22,0-40,0
Діаметр дроту($d_{\text{ел}}$), мм	0,8-1,2	1,2-1,6	1,2-2,0	1,4-3,0	1,6-4,0

Для товщини металу 3,0 мм вибираємо діаметр дроту 1,2 мм.

Для низьколегованих сталей товщиною 3 мм вибираємо електродний дріт Св-08Г2С.

Визначаємо величину зварювального струму за формулою [4]:

$$I_{\text{зв}} = \frac{h}{K_a} \cdot 100, \text{ А} \quad (2.6)$$

h - розрахункова глибина проплавлення, мм;

K_a - коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, (мм/А), його величина вибирається з таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Залежність коефіцієнта (K_a) від діаметру електродного дроту ($d_{ел}$)

$d_{ел}, мм$	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
$K_a, мм/100A$	2,10	2,0	1,75	1,55	1,45	1,35	1,20

Таким чином при $d_{ел} = 1,2$ мм, $K_a = 2,10$ мм/100А

$$I_{зг} = \frac{2,4}{2,1} \cdot 100 = 114,2 \text{ А}$$

По розрахунковому значенні зварювального струму ($I_{зв}$) уточнюємо діаметр електродного дроту (d). за формулою [4]:

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зг}}{j}}, \text{ мм} \quad (2.7)$$

де j - рекомендована густина струму А/мм², вибрана з таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Залежність густини струму (j) від діаметру електроду ($d_{ел}$)

Діаметр електроду ($d_{ел}$), мм	1,2	1,4	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
Густина струму(j), А/мм ²	100-300	90-250	80-230	65-200	45-90	35-60	30-50

Практикою встановлено, що задовільне формування кутових швів отримують при зварюванні на параметрах режиму, при яких густина струму в електроді знаходиться в межах 100-300 А/мм², а тому приймаємо $j=100$ А/мм².

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{114}{100}} \cdot 100 = 1,19 \text{ мм}$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			24

Отже, діаметр електродного дроту $d_e = 1,2$ мм.

Таблиця 2.6 – Залежність величини зварювального струму і напруги на дузі від діаметру електродного дроту

Діаметр електроду, мм	0,5	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,5
Зварювальний струм, А	30-100	50-150	60-180	90-400	100-500	120-550	200-600	250-700
Напруга на дузі, В	18-20	18-22	18-24	18-42	18-45	19-46	23-40	24-42

Для стабільного процесу зварювання та формування розмірів шва необхідно визначити величину вильоту електроду, при збільшенні якого погіршується формування шва та підвищується розбризкування електродного металу. При малому вильоті збільшується набризкування електродного металу на струмопідвідний мундштук і сопло, а також ускладнюється спостереження за процесом. Тому для різних діаметрів електродних дротів оптимальними є встановлені дослідним шляхом наступні значення величини вильоту електроду.

Таблиця 2.7 - Залежність величини вильоту електроду від діаметра дроту

Діаметр ($d_{ел}$), мм	0,5-0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-3,0
Виліт ($l_{ел}$), мм	6-12	8-15	15-25	18-30

При діаметрі дроту 1,2 мм, виліт електроду становить $l_{ел} = 12$ мм.

Напруга на дузі визначається в залежності від величини зварювального струму і діаметра електродного дроту за формулою [4]:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot I_{зв}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \text{ В} \quad (2.8)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 114}{1000 \cdot \sqrt{1,2}} = 25,2 \text{ В.}$$

Швидкість подачі електродного дроту залежить від величини зварювального струму та діаметра електродного дроту і визначається за формулою [4]:

$$V_{n.\partial} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \gamma}, \text{ м/ГОД} \quad (2.9)$$

де $V_{пд}$ - швидкість подачі дроту, м/год;

$I_{зв}$ - зварювальний струм, А;

$F_{ел}$ - площа поперечного перерізу електродного дроту, м^2 ;

γ - густина металу електродного дроту, г/м^3 (для сталей $\gamma = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{Г/м}^3$);

α_p - коефіцієнт розплавлення дроту ($\alpha_p = 10 \text{ г/А} \cdot \text{год}$).

$$F_{ел} = \pi \frac{d^2}{4}; \quad (2.10)$$

$$F_{ел} = 3,14 \cdot \frac{1,2^2}{4} = 1,13 \text{ мм}^2;$$

$$V_{n.\partial} = \frac{10 \cdot 114}{1,13 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6}} = 130 \text{ м/год.} \quad (2.11)$$

Швидкість зварювання визначається за формулою:

$$V_{зв} = \frac{A}{I_{зв}}, \text{ м/ГОД} \quad (2.12)$$

Таблиця 2.8 - Значення коефіцієнта (А) в залежності від діаметра електродного дроту ($d_{ел}$)

$d_{е}, \text{мм}$	1,2	1,6	2,0	3,0	4,0	5,0
A,	(2-5)	(5-8)	(8-12)	(12-16)	(16-20)	(20-25)
A·м/ГОД	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$	$\cdot 10^3$

$$V_{зв} = \frac{(2..5) \cdot 10^3}{114} = 17,5...43,8 \text{ м/год.}$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо витрати вуглекислого газу, які залежать від діаметру електродного дроту, зварювального струму і швидкості зварювання. Орієнтовні дані по вибору витрат захисного газу наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Витрати вуглекислого газу в залежності від діаметру електродного дроту і відстані сопла пальника до поверхні виробу

Діаметр дроту, мм	0,5-0,8	1,0-1,4	1,6-2,0	2,5-3,0
Витрата газу, л/хв	5-8	8-16	15-20	20-30
Відстань від сопла до виробу, мм	7-10	8-14	12-18	16-22

Таким чином витрати вуглекислого газу становлять - 12 л/хв, відстань від сопла пальника до виробу вибираємо рівним 8-14 мм.

При виготовленні контейнера газорегулюючої установки, частина зварювання проводиться напустковими швами Н1 з катетом 3 мм, як показано на рисунку 2.3.

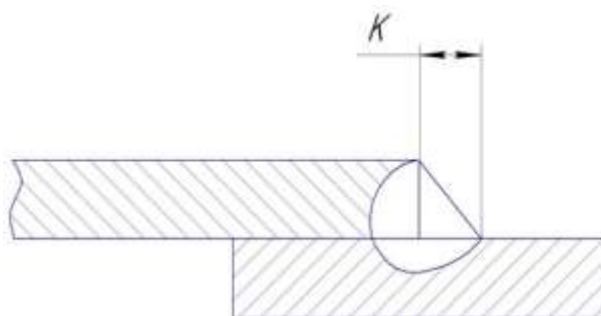


Рисунок 2.3 - Схема напусткового з'єднання

Напусткове з'єднання має кутові шви, які розраховані вище. Параметри режиму зварювання напусткових з'єднань, такі самі як і в кутових, так як товщина металу та катет шва однакові.

Таблиця 2.10 - Розрахункові параметрами кутового і напусткового з'єднань в суміші $Ar+CO_2$

Катет шва	3 мм
Товщина металу	$h=3$ мм
Струм,	$I_{зв}=114,2A$
Діаметр електроду	$de=1,2$ мм
Напруга	$U_d=25,2$ В
Швидкість подачі дроту	$V_{п.д.}=130$
Швидкість зварювання	$V_{зв}=17,5...43,8$
Величина вильоту електрода	12 мм
Витрати захисного газу	12 л/хв

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для виконання процесу зварювання при виготовленні контейнера газорегулюючої установки буде використовуватися зварювальний напівавтомат WORCRAFT MIG-200AT.

Зварювальний напівавтомат WORCRAFT MIG-200AT - поєднує високу потужність і широкий спектр можливостей для зварювальних робіт у різних режимах: MIG/MAG, MMA і TIG [5].

Цей апарат підходить як для професійного, так і для побутового використання, даючи змогу працювати з різними видами металів, включно з нержавіючою і вуглецевою сталлю, листовим металом і металевими конструкціями [5].

Зручність і комфорт роботи напівавтоматом WORCRAFT MIG-200AT [5]:

1. Регулятор зварювального струму та індикатори стану винесені на передню панель для зручності швидкого налаштування і контролю.
2. Завдяки цифровому дисплею швидко і точно налаштовується сила струму з кроком в 1 А. Яскраве підсвічування дає змогу змінювати робочі

параметри, не знімаючи зварювальної маски. Це зручно не тільки під час роботи в темних місцях або вночі, а й у сонячний день.

3. Надійні байонетні роз'єми для під'єднання силових кабелів перерізом 35-50 мм² забезпечують безпечне з'єднання без перегрівання, а також дають змогу швидко перемикає полярність для деяких видів зварювання.

4. Завдяки міцній конструкції та стабільній подачі дроту MIG-200AT забезпечує комфортну роботу навіть під час тривалих сеансів.

5. Апарат підтримує встановлення катушок із дротом вагою до 5 кг, що зменшує потребу в частих замінах дроту під час роботи [5].

Надійність і безпека при роботі напівавтоматом даного типу [5]:

Міцний ударостійкий металевий корпус забезпечує надійний захист внутрішніх компонентів від зовнішніх механічних впливів [5].

Функція захисту від ураження електричним струмом «VRD » гарантує максимальну безпеку зварювальника. Автоматика знижує напругу холостого ходу в момент простою до безпечних 20 В, і лише в момент торкання електрода до виробу повертає її до необхідного для роботи значення [5].

В апараті реалізовано захист від перегріву і стрибків напруги електромережі. Автоматика негайно вимикає апарат у разі виходу за межі допустимих значень. Про спрацьовування захисту інформують індикатори на передній панелі апарата [5].

Апарат надійно захищений від пилу та конденсату. Його можна використовувати як у закритих приміщеннях, так і на відкритих майданчиках, а також за різних температурних умов. Клас захисту апарата - IP21S, клас ізоляції – F [5].

Технічні параметри зварювального напівавтомата наведені в таблиці 2.11, а його зовнішній вигляд представлено на рисунку 2.4.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики напівавтомата WORCRAFT MIG-200AT [5]

Номінальна напруга, В	220±10%
Потужність, кВт	7,1
Напруга холостого ходу, В	40–65
Діапазон регулювання зварювального струму, А	20–220
Коефіцієнт корисної дії, %	80
Діаметр електродів, мм	1,6-4,0
Діаметр зварювального дроту, мм	0,8-1,2
Клас ізоляції	F
Клас захисту	IP21S
Вага, кг	12,7



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд напівавтомата WORCRAFT MIG-200AT [5]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварних з'єднань є головною складовою будь-якого технологічного процесу, метою якого є виявлення наявності або відсутності

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

дефектів, а також визначення їхніх розмірів, характеру та розташування. Отримана інформація дозволяє: оцінити можливість проведення ремонту або доопрацювання конструкції, встановити причини виникнення дефектів, розробити профілактичні заходи для запобігання їх повторній появі.

Радіаційна дефектоскопія - це один із найбільш ефективних методів неруйнівного контролю, що дозволяє виявляти внутрішні дефекти зварних з'єднань, недоступні для візуального огляду. В основі цього методу лежить використання іонізуючого електромагнітного випромінювання, зокрема: рентгенівських променів і гама-випромінювання. Обидва типи випромінювання мають електромагнітну природу та здатні проникати крізь матеріал.

Рентгенівське та гама-випромінювання мають значно більшу енергію порівняно зі світловим випромінюванням, що зумовлює їхню високу проникаючу здатність. Ця властивість лежить в основі радіаційних методів контролю зварних з'єднань, які дозволяють виявляти внутрішні дефекти без руйнування конструкції. Суть методу полягає у зміні інтенсивності рентгенівського або гама-випромінювання після проходження крізь матеріал. Під час проходження променів через зварне з'єднання, частина енергії поглинається залежно від густини, товщини та структури матеріалу.

Ультразвукова дефектоскопія - це метод неруйнівного контролю, що базується на використанні пружних механічних коливань, які поширюються в матеріалі та дозволяють виявляти внутрішні дефекти конструкцій. Пружні коливання, що розповсюджуються в повітрі, зазвичай сприймаються як звуки і мають акустичну природу. Якщо частота таких коливань перевищує 20 кГц - поріг чутливості людського слуху - вони класифікуються як ультразвукові. У дефектоскопії застосовуються ультразвукові хвилі з частотою в діапазоні приблизно від 0,5 до 20 МГц.

Суть ультразвукової дефектоскопії полягає в наступному: Ультразвукові коливання, які генерує випромінювач, поширюються крізь матеріал виробу. У

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

разі наявності дефектів у структурі металу, частина хвиль відбивається, утворюючи відбите поле, а інша частина розсіюється, формуючи дифраговане поле розсіювання.

При наявності дефекту значних розмірів у матеріалі утворюється так звана акустична тінь, тобто зона, в яку ультразвукові хвилі не проникають або суттєво послаблюються. Поверхня дефекту діє як відбивач, змінюючи напрямок поширення хвиль і створюючи ехо-сигнал, який фіксується приймачем-шукачем. Аналізуючи послаблення ультразвукової хвилі, і наявність та інтенсивність відбитого сигналу (ехо), можна діагностувати наявність дефекту в зварному шві, а також оцінити його розміри, глибину та характер.

Магнітний і електромагнітний контроль. У межах малих об'ємів матеріалу, так званих магнітних доменів ($V = 10^{-5} \dots 10^{-8}$ см), власні магнітні поля електронів, які виникають внаслідок їх обертання навколо власних осей, взаємно компенсуються, і в початковому стані деталей є розмагніченою. Проте під дією зовнішнього магнітного поля домени орієнтуються в напрямку прикладеного поля, що призводить до утворення спільного магнітного поля в матеріалі.

Під час магнітної дефектоскопії деталь попередньо намагнічують, у результаті чого магнітні силові лінії набувають певного напрямку в тілі матеріалу. Якщо в зоні контролю присутній дефект, його магнітна проникність у тисячі разів нижча, ніж у основного металу. Через це магнітні лінії обходять дефект, утворюючи зону розсіювання магнітного поля, яка фіксується за допомогою індикаторних засобів.

Візуально-оптичний метод контролю є одним із найстаріших способів оцінки якості зварних з'єднань, проте й сьогодні він залишається актуальним і широко застосовуваним у виробничій практиці. Зовнішній огляд швів часто проводиться: неозброєним оком, за допомогою збільшувальних засобів, таких як лупи, мікроскопи та оптичні лінзи. Для зварних з'єднань, які недоступні для

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прямого спостереження або приховані конструктивними елементами, застосовують спеціалізовані оптичні прилади.

Оперативне виявлення та видалення дефектів, крім цього визначення причин їх виникнення дозволяє своєчасно коригувати технологічний процес. Такий підхід зменшує потребу в додаткових етапах контролю, скорочує витрати часу і ресурсів.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Удосконалений технологічний процес виготовлення конструкції має низку переваг порівняно з базовим, зокрема:

- а) розраховані параметри режиму зварювання є більш економічними;
- б) обладнання, що використовується у чинному заводському процесі, має нижчу продуктивність;
- в) ручний спосіб зварювання замінено на напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, що підвищує якість і ефективність виконання робіт.

Зазначені переваги забезпечують покращення механічних властивостей зварного шва, зменшують розбризкування розплавленого металу, знижують трудомісткість виготовлення, підвищують продуктивність праці та забезпечують відчутний економічний ефект.

Технологічний процес виготовлення контейнера газорегулюючої установки складається із окремих операцій, які розглянуті нижче.

2.6.1 Заготівельні операції

Щоб отримати заготовки для виготовлення виробу, необхідно пройти кілька базових етапів, які формують основу технологічного процесу:

- 1) розмічування;

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) різання;
- 3) підготовка поверхонь.

Заготовки для контейнера виготовляють із листового прокату та фасонних профілів. Оскільки створення спеціальних шаблонів є економічно недоцільним, процес розмічування виконується оптичним методом.

Для поперечного різання листового металу (товщина 3 мм) використовуємо гільйотинні ножиці КМ 2,5/2500.



Рисунок 2.5 - Загальний вигляд гільйотинних ножиць КМ 2,5 / 2500

Одним із ключових параметрів роботи гільйотинних ножиць є зусилля, яке ніж прикладає до заготовки. Для верстатних моделей середнє значення навантаження становить приблизно 5–7 кг/мм², що дозволяє здійснювати різання листів товщиною від 0,5 до 3 мм.

У процесі виготовлення виробу важливим фактором є ширина різку, яка в даному випадку може змінюватися в межах 1000–1500 мм. Ще одним показником продуктивності є частота виконання операцій – близько 60 різів за хвилину, що забезпечує високу швидкість обробки матеріалу.

Для гнуття заготовок використовуємо листозгинальний верстат SOREX Z.R.S–2660.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд ручного листозгинального верстату SOREX Z.R.S–2660

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Перед виконанням складальних операцій важливо якісно підготувати зварювальні кромки деталей. Для цього застосовуються кутові шліфувальні машини Bosch 25-230 Н, які працюють зі швидкістю 6500 об/хв у комплекті з металевою дисковою щіткою ЩД-06. Для незначних забруднень – фарби, іржі чи мастила – використовуються дротяні ручні щітки INTERTOOL BT-0001.

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням здійснюється візуальна перевірка відповідності заготовок вимогам креслень. У процесі складання забезпечується точне взаємне розташування елементів конструкції відповідно до їх положення в готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність для запобігання деформаціям під час зварювання. Для виконання складальних і зварювальних операцій застосовуються спеціальні складально-зварювальні пристосування, які забезпечують точність позиціонування та фіксацію деталей.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Перед складанням проводять візуальну перевірку відповідності заготовок вимогам креслення. Під час складання забезпечують правильне взаємне розташування деталей, яке відповідає їх положенню у готовій конструкції. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій під час зварювання. Для виконання складання та подальшого зварювання застосовують спеціальні складально-зварювальні пристосування.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Опоряджувальні операції – це завершальний етап після виконання зварювальних робіт, який забезпечує належну якість та точність конструкції.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Спочатку проводиться зачистка місць зварювання від бризок наплавленого металу. Далі здійснюється зовнішній огляд, під час якого перевіряють правильність складання, якість швів та виконаної зачистки. За потреби виконується правлення конструкції, щоб привести її до розмірів, зазначених у кресленні.

Для опоряджувальних операцій використовуємо окуляри захисні марки РОСОМЗ ЗН11 PANORAMA, які витримують удар до 3кДж, молоток слюсарний 0,5 кг, шліфувальну машину Bosch 25-230Н, що має 6500 об/хв, із застосуванням шітки дискової металевої ЩД-06.

2.6.5 Допоміжні операції

При виготовленні контейнера газорегулюючої установки, окрім основних технологічних операцій, виконуються також допоміжні роботи, які забезпечують організацію, безперервність та ефективність виробничого процесу.

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

При виконанні перевантажувальних і підйимально-транспортних робіт у процесі виготовлення корпусу контейнера здійснюються такі ключові операції - розміщення деталей у складальному пристосуванні та вивільнення-знімання з нього вже готового виробу.

2.6.6 Контроль якості

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

- вхідний контроль матеріалів, що підлягають зварюванню;
- перевірку зварювальних матеріалів;

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- оцінку якості заготівельних, складальних, опоряджувальних та зварювальних процесів;
- перевірка зварних швів і вже готових виробів.

Контроль якості конструкції здійснюється у два етапи:

- а) спочатку проводять зовнішній огляд для перевірки форми та розташування швів відповідно до креслення, а також виявлення можливих дефектів і деформацій;
- б) далі застосовують ультразвуковий ехо-імпульсний метод, що дозволяє оцінити внутрішній стан шва та визначити якість готової продукції.

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

Для визначення необхідної кількості зварювальних матеріалів у процесі виготовлення конструкції застосовується нормування витрат, яке полягає у здійсненні математичних розрахунків відповідно до ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [6].

Норма витрат зварювального дроту на зварювання стінки визначається за формулою:

$$H_{випр} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m H_{bij} \times L_{ij} \times K_{1i} \times K_{2j} \times K_{3i} \quad (2.13)$$

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 ($K_{1i} = 1,1$);

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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, $j = 1, 2, 3, \dots$, т.д.

Норматив витрат зварювального дроту при дуговому зварюванні визначається за формулою:

$$H_{bi} = M \cdot K_{bi}, \quad (2.14)$$

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

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:

$$M = F \cdot \rho \cdot L \cdot 10^{-3}. \quad (2.15)$$

$$M = 0,130 \cdot 7,85 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,02 \text{ кг}.$$

$$H_{bi} = 1,02 \cdot 1,1 = 1,12,$$

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

ρ - густина металу шва, для маловуглецевої сталі $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$;

L - довжина шва, м.

Визначаємо витрати зварювального дроту:

$$H_{bi} = M \cdot K_{bi} \quad (2.16)$$

Норма витрат захисного газу визначається за формулою:

$$H_{\text{взг}} = \sum H_{\text{г}} + \Pi_{\text{взг}}, \quad (2.17)$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де H_{Γ} - норматив витрат захисного газу на метр шва, л;

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

Норматив витрати захисного газу на метр шва визначається за формулою:

$$H_{\Gamma} = \sum_{i=1}^n (H_{\text{вр}} \cdot H_{\text{Тоі}} + H_{\text{дгі}}), \quad (2.18)$$

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

$T_{\text{оі}}$ - основний час зварювання одного метра шва, хв;

$H_{\text{дгі}}$ - додаткові витрати захисного газу на виконання підготовчо-заключних операцій при зварюванні і-того проходу м^3 ;

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

Основний час зварювання одного метра шва визначається за формулою:

$$t_o = \frac{m_H \cdot 60}{\alpha_H \cdot l}, \quad (2.19)$$

де m_H - маса наплавленого металу на один метр шва:

$$m_H = \rho \cdot F_M, \quad (2.20)$$

де F_M - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, м^2 .

$$m_H = 7,78 \cdot 10^{-3} \cdot 0,130 = 1,02$$

$$t_o = \frac{1,02 \cdot 60}{4,77 \cdot 14,2} = 11 \text{ хв.}$$

$$H_{\Gamma} = 9 \cdot 11 + 0,9 = 99,9 \text{ л.}$$

Норма витрати газу на конструкцію $H_{\Gamma\text{ЗК}}$ в загальному вигляді визначається за формулою:

					<i>KP.422.18.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{ГЗК} = \sum H_r + \Pi_{ГЗК} \quad (2.21)$$

$$H_{ГЗК} = 99,9 + 0,7 = 100,6 \text{ л.}$$

Таблиця 2.12 - Нормування втрат зварювальних матеріалів

Витрати зварного дроту, Н _{вир}	1,12 кг
Витрати захисного газу, Н _{вгз}	100,6 л

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Проектування нових пристосувань або вдосконалення наявних здійснюється на основі:

1) розробка зварних виробів починається з аналізу креслень і технічних умов конструкції. Однак питання технологічності часто залишаються поза увагою конструктора, що ускладнює подальше проектування виробничого процесу та вибір зварювального оснащення. Тому при розробці технології та конструюванні пристосувань необхідно всебічно оцінювати технологічність зварної конструкції, зокрема: геометрію та конфігурацію деталей, точність виготовлення заготовок, якість поверхонь, що підлягають зварюванню;

2) розробка технологічного процесу виготовлення конструкції передбачає формування раціональної послідовності складання та зварювання виробу. Такий процес має бути детально опрацьований у форматі маршрутної або розгорнутої технологічної схеми. Конструктор пристосувань повинен ретельно вивчити технологічний процес, щоб забезпечити ефективне проектування оснащення;

3) аналіз виробничої програми випуску виробу передбачає оцінку складності конструкції пристосування, а також визначення доцільності його оснащення засобами механізації та автоматизації.

Отже, тип пристосування визначається з урахуванням способу зварювання та складання, особливостей конструкції виробу, матеріалу і форми деталей, вимог до точності, якості з'єднань, а також рівня необхідної продуктивності.

Вибір конкретного типу пристосування з-поміж можливих варіантів здійснюється на основі техніко-економічного аналізу. Перевагу, як правило,

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

надають рішення, яке є найбільш доцільним з технічної точки зору та економічно вигідним для виробництва.

Складально-зварювальне обладнання класифікується на універсальне, спеціальне та спеціалізоване.

Універсальне обладнання призначене для обробки широкого спектра виробів і використовується у виробництві з різноманітною номенклатурою.

Спеціальне обладнання розраховане на виготовлення одного або кількох конкретних виробів. Воно забезпечує вищу продуктивність і якість, тому застосовується переважно у масовому та великосерійному виробництві.

Спеціалізоване обладнання використовується у серійному виробництві, коли необхідна стабільність процесу та повторюваність технологічних операцій.

Тип пристосувань обирається з урахуванням способу зварювання та складання, конструктивних особливостей виробу, матеріалу і поперечного перерізу деталей, вимог до точності та продуктивності виробництва. При цьому важливо прагнути до зниження трудомісткості складальних і допоміжних операцій та забезпечення стабільної якості готових виробів.

Якість зварної конструкції значною мірою залежить від точності підготовки деталей, чистоти їх поверхонь та рівня складальних робіт. Ці чинники безпосередньо впливають на несучу здатність, довговічність і економічність виробу. Складання конструкції полягає у точному встановленні та надійній фіксації деталей у проектному положенні.

Щоб забезпечити високу якість зварної конструкції, необхідно точно розмістити та надійно закріпити деталі, а також виконати зварювання відповідно до встановлених технологічних параметрів.

При виборі типу зварювальних пристосувань важливо забезпечити відповідність таким ключовим вимогам:

- а) механізація операцій по транспортуванню;
- б) швидке та надійне базування деталей;
- в) зручність виконання технологічних операцій;

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

г) ефективно та надійне закріплення елементів в устаткуванні.

Виходячи з умов експлуатації та програми випуску, при виготовленні контейнера газорегулюючої установки доцільно застосовувати зварювальні маніпулятори як основні пристосування.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань, які використовуються при виготовленні контейнера газорегулюючої установки, забезпечують необхідну послідовність складально-зварювальних операцій, також до їх складу входять різноманітні притискні механізми.

Притискні механізми призначені для надійного закріплення установлених у пристрої заготовок, деталей складальних одиниць відповідно з вимогами технологічної документації в процесі всього періоду складання та зварювання [7, с. 126].

До притискних механізмів висуваються наступні вимоги [7, с. 126]:

- а) забезпечення необхідного напрямку дії сили притиску заготовок, що виключало б зсуви та перекидання заготовок відносно установчих баз;
- б) забезпечення розрахункової сили притиску заготовок протягом процесу складання та зварювання виробу;
- в) притискачі не повинні спричиняти деформацію деталей та пошкодження їх поверхонь;
- г) швидкодія притискних механізмів;
- г) зручність та безпека в експлуатації;
- д) вільне витягнення складеного виробу з пристрою;
- е) зручний доступ до притискачів для приведення їх в дію;
- є) надійне закріплення деталей протягом складання та зварювання;
- ж) вільний доступ до місць виконання прихоплень та зварювання швів [7, с. 127].

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування пневмопритискачів скорочує допоміжний час при виготовленні зварних конструкцій завдяки швидкодії та керуванню пристроєм з одного робочого місця. Пневмопритискачі забезпечують достатнє складальне зусилля та швидке закріплення і вивільнення вузлів та виробів, які складаються [7, с. 151].

Розрізняють три різновиди пневмопритискачів [7, с. 151]:

- а) пневмоциліндри односторонньої та двосторонньої дії;
- б) пневмокамери (діафрагмові камери);
- в) пневмошланги [7, с. 151].

Для складання та зварювання деталей контейнера газорегулюючої установки застосовуються складально-зварювальні маніпулятори.

Для зварювання корпусу контейнера газорегулюючої установки застосовується спеціальне складально-зварювальне пристосування, яке поєднує два типи маніпуляторів. Перший – маніпулятор з ручним приводом, що використовується для виконання простих операцій та забезпечує гнучкість у роботі з деталями. Другий – маніпулятор з електричним приводом M11050AM, який дозволяє автоматизувати процес позиціонування виробу, значно підвищуючи продуктивність і зменшуючи фізичне навантаження на робітників.

Для зварювання кутників використовуємо маніпулятор з ручним приводом, який складається із: станини, корпусу, ручного приводу, стола, пневмопривода, притискача та пневмопритискача, обертового механізму, редуктора. Маніпулятор забезпечує обертання виробу на 360° та нахил виробу на кут до 135°. Пневматичний привід маніпулятора забезпечує надійність у роботі, зручність у керуванні, та має просту конструкцію.

У процесі складання корпусу кутники спочатку укладають на стіл маніпулятора. Далі здійснюється вмикання пневматичних силових приводів за допомогою спеціальних кранів-золотників. У цей момент пневмоциліндр розтискається, і пневмопритискачі надійно фіксують виріб у потрібному положенні. Після закріплення деталей проводиться прихоплювання, яке

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує точність складання, а потім виконується повне зварювання конструкції.

Для подальшого зварювання корпусу використовується маніпулятор з електричним приводом M11050AM. Конструкція цього пристосування включає притискачі, стіл, пневмопривід, планшайбу, корпус та станину.

Електропривід обладнаний електродвигуном, частота обертання валу якого регулюється для зміни швидкості обертання планшайби. Це дозволяє забезпечити необхідну швидкість зварювання залежно від технологічних вимог. Водночас привід для нахилу виробів працює зі сталою швидкістю, що гарантує стабільність і точність позиціонування деталей під час виконання швів.

Після встановлення кожуха контейнера, який фіксується за допомогою струбцин та бокових і вертикальних притискачів, переходять до складання каркасу з обшивкою. Коли всі елементи конструкції знаходяться у правильному проектному положенні, виконують прихватку у місцях майбутніх зварних швів, що забезпечує точність складання. Після цього проводиться повне зварювання складальної одиниці. Завершивши процес, виріб знімають з маніпулятора, здійснюють зачистку та відправляють на фарбування, що є завершальним етапом виробництва.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
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 контейнера газорегулюючої установки

Показник	Одиниці вимірю- вання	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проект ні дані
Габаритні розміри виробу	мм	605xø540x300	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
металопрокат Ст3сп	кг	15	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,9	
захисна суміш (Ar 75% + CO ₂ 25%)	кг	0,45	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	2,0	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
Ст3сп	грн	27,56	27,37
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	64,5	64,3
захисна суміш (Ar 75% + CO ₂ 25%)	грн	15,45	15,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	10	

Таблиця 4.2 – Характеристика технологічного процесу виготовлення контейнера газорегулюючої установки

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Правлення	$\frac{3}{П}$	Електромеханічний верстат	229500	молоток	194	IV	3,6
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка шаблон лінійка маркер	179 905 132 98	IV	$\frac{3,7}{3,5}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Ножиці гільйотинні КМ 2,5/2500	115000			IV	$\frac{3,8}{3,4}$
Згинання	$\frac{3}{П}$	Листозгин. верстат SOREX Z.R.S. - 2660	160000	молоток	194	IV	2,0
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-зварювальн. маніпулятор	161500	молоток	194	IV	$\frac{5,8}{5,1}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварюв. напівавтом. WORCRAFT MIG-200AT	25000			IV	$\frac{5,7}{5,0}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Bosch Professiол 25-230H	6500	диск зачисний щітка молоток	163 110 194	III	$\frac{3,7}{3,4}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразв. дефектоскоп УД2-12	115000			V	3,1
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Тельфер електричний	315000			IV	2,2

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 31,4;

по проекту 29,1;

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

по проекту 2,2.

Загальна штучна норма часу: по заводу 33,6;

по проекту 31,3.

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

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

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, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,08) \approx 1862 \text{ год.}$$

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 [8, с.10]:

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

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 3600 шт.$

Для виконання правління (по заводському і проектному варіантах) кількість робочих місць становить:

$$n = \frac{3,6 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні контейнера газорегулюючої установки становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,31 \approx 2 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,18 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,8 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,37 \approx 2 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,12 \approx 2 \text{ шт.}$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$n = \frac{2,0 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 1,25 \approx 1_{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,8 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,62 \approx 4_{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,1 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,18 \approx 3_{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,7 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,56 \approx 4_{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,0 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,12 \approx 3_{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,31 \approx 2_{шт.},$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,12 \approx 2 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{3,1 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 1,93 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [8, с.12]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 3600 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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{3600 \cdot 1 \cdot 0,5}{2100 \cdot 0,7} = 1,24 \approx 1 \text{шт.}$$

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

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

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 [8, 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 $B_{np} = 3600$ шт;

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

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

Необхідна кількість працівників:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,6}{1850 \cdot 3,1} = 2,26 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,7}{1850 \cdot 3,1} = 2,32 \approx 2 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,5}{1850 \cdot 3,1} = 2,2 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,8}{1850 \cdot 3,1} = 2,39 \approx 2 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,4}{1850 \cdot 3,1} = 2,13 \approx 2 \text{ чол.}$$

Кількість робітників для виконання згинання становить (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 2,0}{1850 \cdot 3,1} = 1,26 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,8}{1850 \cdot 3,1} = 3,64 \approx 4 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,1}{1850 \cdot 3,1} = 3,2 \approx 3 \text{ чол.}$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,7}{1850 \cdot 3,1} = 3,58 \approx 4 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,0}{1850 \cdot 3,1} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,7}{1850 \cdot 3,1} = 2,32 \approx 2 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,4}{1850 \cdot 3,1} = 2,13 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,1}{1850 \cdot 3,1} = 1,95 \approx 2 \text{ чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
правильники	2	2	IV	IV
розмічувальники	2	2	IV	IV
різальники	2	2	IV	IV
згинальники	1	1	IV	IV
складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	4	3	IV	IV
зачищувальники	2	2	III	III
контролери	2	2	V	V
транспортувальники	1	1	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	26	24	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

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 [8, с.18]:

					<i>KP.422.18.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						56
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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

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) [8, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [8, с.18]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [8, с.18]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці правильників (за двома варіантами):

$$Z_{oo} = 5,35 \cdot 22 \cdot 3,6 = 423,72 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 423,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 148,3 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 423,72 \cdot 0,4 = 169,49 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{оо}} = 5,2 \cdot 22 \cdot 3,7 = 423,28 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 423,28 \cdot (0,2 + 0,15) = 148,15 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 423,28 \cdot 0,4 = 169,31 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,2 \cdot 22 \cdot 3,5 = 400,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 400,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 140,14 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 400,4 \cdot 0,4 = 160,16 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,95 \cdot 23 \cdot 3,8 = 432,63 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 432,63 \cdot (0,2 + 0,15) = 151,42 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 432,63 \cdot 0,4 = 173,05 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,95 \cdot 23 \cdot 3,4 = 387,09 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 387,09 \cdot (0,2 + 0,15) = 135,48 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 387,09 \cdot 0,4 = 154,84 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці згинальників (за двома варіантами):

$$З_{\text{оо}} = 9,7 \cdot 22 \cdot 2 = 426,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 426,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 149,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 426,8 \cdot 0,4 = 170,72 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,75 \cdot 22 \cdot 5,8 = 478,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 478,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 167,48 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 478,5 \cdot 0,4 = 191,4 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,75 \cdot 22 \cdot 5,1 = 420,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 420,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 147,26 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 420,75 \cdot 0,4 = 168,3 \text{ грн}.$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{зо}} = 3,5 \cdot 24 \cdot 5,7 = 478,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 478,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 167,58 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 478,8 \cdot 0,4 = 191,52 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{зо}} = 3,5 \cdot 24 \cdot 5,0 = 420 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 420 \cdot (0,2 + 0,15) = 147 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 420 \cdot 0,4 = 168 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{зо}} = 5,3 \cdot 22 \cdot 3,7 = 431,42 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 431,42 \cdot (0,2 + 0,15) = 151 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 431,42 \cdot 0,4 = 172,57 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{зо}} = 5,3 \cdot 22 \cdot 3,4 = 396,44 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 396,44 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 396,44 \cdot 0,4 = 158,58 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{зо}} = 5,25 \cdot 30 \cdot 3,1 = 488,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 488,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 170,89 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 488,25 \cdot 0,4 = 195,3 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{зо}} = 9,9 \cdot 21 \cdot 2,2 = 457,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 457,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 160,08 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 457,38 \cdot 0,4 = 182,95 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [8, с.19]:

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$Z_{od} = r_{od} \cdot C_p \cdot \Phi_{ef}, \quad (4.8)$$

де Z_{od} - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

r_{od} - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

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

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{od} = 1 \cdot 33 \cdot 1850 = 61050 \text{ грн};$$

$$Z_{dd} = 61050 \cdot 0,35 = 21367,5 \text{ грн};$$

$$Z_{pd} = 61050 \cdot 0,4 = 24420 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{od} = 2 \cdot 33 \cdot 1850 = 122100 \text{ грн};$$

$$Z_{dd} = 122100 \cdot 0,35 = 42735 \text{ грн};$$

$$Z_{pd} = 122100 \cdot 0,4 = 48840 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{od} = 1 \cdot 33 \cdot 1850 = 61050 \text{ грн};$$

$$Z_{dd} = 61050 \cdot 0,35 = 21367,5 \text{ грн};$$

$$Z_{pd} = 61050 \cdot 0,4 = 24420 \text{ грн}.$$

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[8, с.19]:

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

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

де Z_{on} - 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_{on}) та премії і надбавки (Z_{nn}) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 9300 \cdot 12 = 111600 \text{ грн};$$

$$Z_{дп} = 111600 \cdot 0,35 = 39060 \text{ грн};$$

$$Z_{пп} = 111600 \cdot 0,4 = 44640 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 8500 \cdot 12 = 102000 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 102000 \cdot 0,35 = 35700 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 102000 \cdot 0,4 = 40800 \text{ грн}.$$

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 робітників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Осн. робітники:						
правильники	214402,32		75040,81		85760,93	
розмічувальники	214179,68	202602,4	74962,89	70910,84	85671,87	81040,96
різальники	218910,78	195867,54	76618,77	68553,64	87564,31	78347,02
згинальники	107980,4		37793,14		43192,16	
складальники	484242	319349,25	169484,7	111772,24	193696,8	127739,7
зварювальники	484545,6	318780	169590,96	111573	193818,24	127512
зачищувальники	218298,52	200598,64	76404,48	70209,52	87319,41	80239,46
контролери	247054,5		86469,08		98821,8	
транспортувальники	115717,14		40501		46286,86	

Продовження таблиці 4.5

Доп. робітники:				
налагоджувальники	61050	21367,5	24420	
ремонтники	122100	42735	48840	
електрики	61050	21367,5	24420	
ІТР	111600	39060	44640	
МОП	102000	35700	40800	
Разом	2763130,94	2380152,19	967095,83	833053,27
			1540162,38	1386970,88

4.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	З	П
Основні матеріали:	478,4	475,25
сталь СтЗсп	413,4	410,55
зварювальний дріт Св-08Г2С	58,05	57,87
захисна суміш (Ar 75% + CO ₂ 25%)	6,95	6,86
Поворотні відходи	10	
Паливо та енергія на технологічні цілі	77,1	76,5
Основна заробітна плата основних робітників	640,37	533,99
Додаткова заробітна плата основних робітників	224,13	186,9
Премії та надбавки основних робітників	256,15	213,6
Відрахування на соціальне страхування	15,69	13,08
Відрахування на медичне страхування	28,02	23,36
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	183,15	183,15
Цехові (дільничні) витрати	160,2	160,2
Всього цехова собівартість	2053,21	1856,06

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 одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
правильне	2	2	229500	229500	11475	11475
різальне	2	2	115000	115000	5750	5750
згинальне	1	1	160000	160000	8000	8000
складальне	4	3	161500	161500	8075	8075
зварювальне	4	3	25000	25000	1250	1250
зачищувальне	2	2	6500	6500	325	325
контрольне	2	2	115000	115000	5750	5750
транспортне	1	1	315000	315000	15750	15750
Інструменти						
молоток	8	7	194	194	9,7	9,7
диск зачисний	2	2	163	163	8,15	8,15
щітка	2	2	110	110	5,5	5,5
рулетка	4	4	179	179	8,95	8,95
лінійка	4	4	132	132	6,6	6,6
шаблон	2	2	905	905	45,25	45,25
маркер	8	7	98	98	4,9	4,9
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	4900000	4900000	5	245000	245000
Устаткування:					
правильне	470475	470475	8	37638	37638
різальне	235750	235750	8	18860	18860
згинальне	168000	168000	8	13440	13440
складальне	654075	492575	7	45785,25	34480,25
зварювальне	101250	76250	6,5	6581,25	4956,25
зачищувальне	13325	13325	8	1066	1066
контрольне	235750	235750	6	14145	14145
транспортне	330750	330750	7	23152,5	23152,5
Інструменти:			16		
молоток	1561,7	1367,7		249,87	218,83
диск зачисний	334,15	334,15		53,46	53,46
щітка	225,5	225,5		36,08	36,08
рулетка	724,95	724,95		115,99	115,99
лінійка	534,6	534,6		85,54	85,54
шаблон	1855,25	1855,25		296,84	296,84
маркер	788,9	690,9		126,22	110,54
Разом	7115400,05	6928608,05		406632,01	393655,29

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [8, с.27]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 5404,68$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 4972,92$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 2053,21$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 1856,06$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((5404,68 + 0,15 \cdot 2053,21) - (4972,92 + 0,15 \cdot 1856,06)) \cdot 3600 = 1660797 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [8, с.28]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 14100336$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 13216788$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [8, с.28]:

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

$$E_{yp} = 3600 \cdot (5404,68 - 4972,92) = 1554336 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{14100336 - 13216788}{1554336} = 0,57 \text{ р.}$$

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	3600	3600
Кількість технологічного устаткування	шт	18	16
Собівартість товарної продукції	грн	5404,68	4972,92
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	26	24
- основних робітників	чол	20	18
Фондомісткість продукції	грн/шт	2053,21	1856,06
Умовна річна економія	грн	-	1554336
Річний економічний ефект	грн	-	1660797
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,57
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	15571,71	15571,71
- розмічувальники	грн	15555,54	14714,7
- різальники	грн	15899,15	14225,56
- згинальники	грн	15684,9	15684,9
- складальники	грн	17584,88	15462,56
- зварювальники	грн	17595,9	15435
- зачищувальники	грн	15854,69	14569,17
- контролери	грн.	17943,19	17943,19
- транспортувальники	грн	16808,72	16808,72

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Заходи захисту від негативного впливу електромагнітних полів

Електромагнітні поля (ЕМП) – це особлива форма організації матерії. Як відомо, нашу планету вже мільярди років пронизують потоки електромагнітних випромінювань – космічного, навколоземного та земного походження. Довжини хвиль електромагнітного спектру цих випромінювань лежать в діапазоні від десятих часток міліметра до тисяч кілометрів, при цьому кожна з ділянок цього надзвичайно широкого спектра зіграла свою неповторну роль в розвитку біосфери Землі [9, с.128].

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

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

Інженерно-технічні заходи включають раціональне розміщення устаткування, використання засобів, що обмежують проникнення електромагнітної енергії на робочі місця персоналу (поглинаючі матеріали, екранування і т. ін) [9, с.136].

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

Захист часом передбачає обмеження часу перебування людини в робочій зоні і застосовується лише тоді, коли немає можливості знизити інтенсивність випромінювання до допустимих значень [9, с.137].

Захист відстанню застосовується лише в тому випадку, коли нема іншої можливості послабити дію ЕМП іншими заходами, в тому числі і захистом

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

часом. У цьому випадку збільшують відстані між випромінювачем ЕМП і персоналом. Допустима відстань до джерела ЕМП, що забезпечує гранично допустимі значення інтенсивності випромінювання обов'язково перевіряється експериментальними вимірюваннями рівнів ЕМП на робочих місцях [9, с.137].

Зменшення потужності випромінювання в самому джерелі випромінювання повинно, перш за все, бути реалізовано шляхом обмеження їх потужностей значеннями, необхідними для виконання ними своїх функцій. Для цього також застосовуються спеціальні пристрої: поглиначі потужності, атенюатори, бронзові прокладки між фланцями хвильоводів і т. ін. [9, с.137].

Для кожної установки, що випромінює ЕМП вище гранично допустимих значень, повинні виділятися зони, в яких інтенсивність випромінювання є небезпечною для людини. Границі таких зон, де інтенсивність ЕМП може перевищувати гранично допустимі рівні, визначають експериментально для кожного конкретного випадку розміщення установки чи апаратури під час їх роботи на максимальну потужність випромінювання. Крім того, у відповідності стандарту небезпечні зони випромінювання із інтенсивністю ЕМП більше гранично допустимих рівнів огорожуються і встановлюються попереджувачі знаки з написом: «Не заходити, небезпечно!». Також, у разі необхідності, ці зони можна додатково позначати по границях широкими червоними лініями на підлозі приміщення чи територій, а також застосовувати попереджувальну сигналізацію [9, с.137].

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

Екранування джерел випромінювання застосовують для зниження інтенсивності ЕМП на робочих місцях. Необхідно підкреслити, що захист екрануванням вважається основним та найбільш ефективним методом захисту [9, с.137-138].

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

За конструктивним виконанням відбиваючі екрани поділяються на суцільні та сітчасті [9, с.138].

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

Засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) слід користуватися у тих випадках, коли застосування інших способів запобігання впливу електромагнітного випромінювання неможливе. В якості ЗІЗ застосовують радіозахисний одяг та окуляри. У якості матеріалу для радіозахисного одягу застосовується спеціальна радіотехнічна тканина, що побудована за принципом сітчастого екрану і представляє собою бавовняну тканину з мікродротом. В структурі такої тканини тонкий мідний дріт скручений з бавовняними нитками, які захищають його від зовнішніх впливів і одночасно є ізоляцією. Послаблення ЕМП поля цієї тканиною в діапазоні частот 600-10000 МГц становить від 40 до 20 дБ [9, с.138].

При інтенсивному опроміненні обличчя ЕМП застосовуються радіозахисні окуляри, які використовуються окремо або вшиті в шолом костюма. Це можуть бути сітчасті окуляри, які мають конструкцію напівмасок з мідною або латунною сіткою, або скляні захисні окуляри (наприклад ОРЗ-5), у яких застосовується спеціальне радіозахисне скло, вкрите двооксидом олова. Захисні властивості таких окулярів оцінюються на підставі даних про загальне послаблення застосованого скла, яке, як правило, знаходиться в межах 25-35 дБ [9, с.139].

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті

Перед початком робіт на висоті та з риштувань на висоті працівник, який допускається до роботи повинен:

- пройти цільовий інструктаж про стан обладнання, безпечні методи та послідовність виконання робіт;
- отримати наряд-допуск на виконання роботи;
- перевірити робоче місце та підходи до нього відповідно до вимог безпеки;
- перевірити справність засобів індивідуального захисту, стан обладнання, наявність засобів колективного захисту;

Оглянути інструмент, пристосування, допоміжне обладнання, яке буде використовуватися під час роботи, і впевнитися в його цілісності, а також перевірити термін чергових перевірок.

Перед кожним застосуванням запобіжний пояс підлягає візуальному огляду, при виконанні якого бракування пояса проводиться за ознаками наявних дефектів, пошкоджень, вичерпаний термін експлуатації, прострочений термін випробовування.

Для створення безпечних умов під час виконання робіт на висоті необхідно:

- забезпечити працівників необхідними засобами захисту та використовувати їх за призначенням;
- забезпечити необхідну освітленість на робочих місцях та безпечні проходи до них;
- вживати заходи щодо усунення або зменшення впливу шкідливих та небезпечних факторів;
- враховувати метеорологічні умови, а також стан здоров'я працівників, які виконують роботу на висоті.

У разі виконання робіт з риштування висотою 6 м і вище слід установлювати два настили: робочий і захисний.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На висоті працювати із запобіжним поясом, прикріплюватися ним до нерухомих і міцних конструкцій.

Виконувати роботи по зварюванню і різанню на висоті з риштування, підмосток і колісок тільки після перевірки цих пристроїв майстром або виконувачем робіт. Риштування й підмостки шириною не менше 1 м повинні бути суцільними, з міцними та стійкими загородженнями. Як виключення допускаються короткочасні роботи з приставних драбин, з упорами у вигляді металевих шипів, гумових наконечників та інших тормозних пристроїв. Верхні кінці драбини закріплювати до інших нерухомих конструкцій, а також передбачити заходи проти випадкового зсуву драбин.

При проведенні робіт у декілька ярусів необхідно передбачати накриття або настили для захисту робітників, які працюють нижче, від іскор і крапель розплавленого металу й шлаку, а також від падіння інструмента та інших предметів [2, с.472].

Під час виконання роботи на висоті для запобігання можливого падіння інструменту, матеріалів тощо слід використовувати спеціальні сумки або пристрої для їх надійного зберігання.

Не дозволяється виконувати роботу на висоті:

- у відкритих місцях при швидкості повітря 10 м/с і більше;
- при ожеледиці, грозі або тумані, який затрудняє видимість в межах фронту робіт;
- у нічний час при недостатній освітленості;
- якщо температура повітря вище плюс 35°C або нижче мінус 20°C.

Після закінчення роботи необхідно привести своє робоче місце в належний порядок і прибрати всі предмети, що заважають безпечний прохід. Поставити на штатне місце всі зняті загорожі і запобіжні пристрої, перевірити їх справність, скласти деталі та прибрати відходи.

Відключити пристрої та електроінструмент від мережі, що використовувалися при виконанні роботи.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було здійснено комплексне вдосконалення технології виготовлення контейнера газорегулюючої установки. Розробка проводилася послідовно, спираючись на базовий процес, але з урахуванням нових рішень, які дозволили оптимізувати окремі етапи. Було виконано ґрунтовний аналіз можливих удосконалень, після чого обрано найбільш раціональні варіанти, що визначили ефективний спосіб складання та зварювання деталей.

Зокрема були запропоновані наступні рішення для вдосконалення технологічного процесу виготовлення контейнера газорегулюючої установки:

- 1) впровадження зварювальних маніпуляторів;
- 2) запровадження сучасного зварювального обладнання;
- 3) правильний розрахунок зварювальних параметрів режиму.

Запропоновані нововведення у виробництві контейнера газорегулюючої установки створюють реальні передумови для зростання ефективності та якості продукції.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь Ст3сп. Вуглецеві нелеговані сталі: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/?srsltid=AfmBOoo0xh2l1JuXhoDZDfpRn1kSZGgkrol25CJF8ZyUOnz-YOX6CMXr> (дата звернення: 21.05.2026).
2. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
3. Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: КВІЦ, 2012. 896 с.
4. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Зварювальний напіваавтомат WORCRAFT MIG-200AT. Зварювальні апарати: веб-сайт. URL: https://worcraft.com.ua/ua/products/svarochnyj-poluavtomat-worcraft-mig-200at?srsltid=AfmBOopg-F3Tk7I1IQsLfXkEDSYdnbhRXeJPwxT5RAAtCVZWDw0KUHaY_ (дата звернення: 25.05.2026).
6. 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).
7. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навч. посібник. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Київ: Арістей, 2006. 272 с.
8. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

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

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.18.00.00.000.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		