

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
цистерни

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

Віталій СОЛТИСЯК

Керівник

Віктор 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

СОЛТИСЯКУ Віталію Михайловичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
цистерни

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віктор 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 Вибір систем і способів вентиляції

5.2 Аналіз вимог охорони праці та пожежної безпеки технологічного процесу виготовлення цистерни

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення цистерни – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення цистерни – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стенду роликового – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення стенду для складання обичайки з днищем – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Віталій СОЛТИСЯК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віктор СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення цистерни є вдосконалення вже наявного заводського варіанту зі зміною способу зварювання, обладнання, матеріалів та інших виробничих операцій. В загальному технологія виготовлення конструкції представлена заготівельними, складальними, зварювальними, опоряджувальними, допоміжними та контрольними операціями. Виконання економічних розрахунків дозволяє оцінити можливість доцільності застосування даного технологічного процесу у виробництві. Дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці займають важливе місце у технологічних процесах виготовлення конструкцій, оскільки від цього безпосередньо залежить здоров'я працівників підприємства.

ANNOTATION

Welding processes have an important part in the manufacture technology of metal constructions. Complication of metal constructions can be of different levels. The feature of technological process are the improvement of factory process of cistern manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	13
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	13
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	14
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	15
1.3.4 Вимоги до складання	16
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	17
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	19
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	22
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	25
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	31
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	36
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	39
2.6.1 Заготівельні операції	39
2.6.2 Складальні операції	40
2.6.3 Складально-зварювальні операції	41

					<i>КР.422.27.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Солтисьяк			<i>Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення цистерни Пояснювальна записка</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сенчишин Вікт.					4	83
Реценз.						<i>ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск</i>		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	41
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	42
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	42
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	43
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	46
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	46
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	48
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	52
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	52
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	57
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	59
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	60
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	65
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	67
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	68
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	71
5.1	Вибір систем і способів вентиляції	.	.	.	.	.	71
5.2	Аналіз вимог охорони праці та пожежної безпеки						
	технологічного процесу виготовлення цистерни	.	.	.	.	.	76
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	79
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	80
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	83

ВСТУП

Основними завданнями зварювального виробництва в Україні є перехід від клепаних, литих і кованих конструкцій до більш економічних та надійних зварних аналогів, що дозволяє значно знизити витрати та підвищити ефективність виробництва. Важливим напрямом розвитку є створення спеціалізованих підприємств і цехів, які займаються виготовленням зносостійкого наплавлення для деталей машин і вузлів, а також розширення виробництва зварювальних матеріалів, здатних забезпечити потреби сучасної промисловості. Крім того, актуальним є впровадження високопродуктивних методів автоматичного зварювання.

Зварювання – це не просто процес з'єднання металів, а цілий світ високотехнологічних рішень. Воно охоплює широкий спектр методів: від класичної електричної дуги у середовищі вуглекислого газу, аргону чи гелію – до використання високотемпературної плазми, електронного та лазерного променя. Сучасні зварювальні роботи часто виконуються з програмним управлінням, у спеціальних камерах з контрольованою атмосферою, де зварник працює у герметичному костюмі-скафандрі.

Застосовуються унікальні контактні машини, здатні за один цикл точкового зварювання формувати цілі вузли автомобілів. Активно розвиваються новітні методи – дифузійне, холодне та вибухове зварювання, при яких метал не плавиться, а з'єднується на атомному рівні.

Сфера застосування зварювання надзвичайно широка: від виконання складних хірургічних операцій до виготовлення високоточних приладів і спеціального обладнання. Його можливості практично не мають меж – зварюють конструкції для ізотопних і радіоактивних препаратів, поєднують листи двошарових сталей і різномірних сплавів, здійснюють зварювання під водою та навіть у космосі.

Завдяки високій продуктивності, відмінній якості зварних з'єднань і раціональному використанню металу, зварювання утвердилося як провідний

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічний процес у виробництві металевих конструкцій різного призначення.

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

У сучасних умовах рівень механізації та автоматизації зварювального виробництва постійно зростає, що позитивно впливає на всі аспекти технологічного процесу. Завдяки впровадженню сучасного обладнання та автоматизованих систем значно підвищується продуктивність праці, покращується організація робочих місць і загальна культура виробництва.

Забезпечення високої якості продукції неможливе без системного вдосконалення технічної бази виробництва та суттєвого оновлення парку обладнання. Виробники мають бути оснащені сучасними технологічними засобами, що відповідають вимогам часу та дозволяють реалізовувати інноваційні підходи до виготовлення продукції. Водночас необхідно активно розробляти і впроваджувати передові технології, які сприятимуть підвищенню продуктивності, зниженню витрат і покращенню якості виробів.

Нова техніка, що розробляється для сучасного виробництва, має відповідати не лише високим технічним вимогам, а й бути економічно обґрунтованою. Її впровадження повинно супроводжуватись чіткою оцінкою ефективності на всіх етапах – від проектування та виготовлення до експлуатації. Важливо, щоб кожне науково-технічне рішення, закладене в конструкцію чи технологію, було не лише інноваційним, а й економічно доцільним.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виріб являє собою цистерну, призначену для транспортування та зберігання продуктів газової й нафтової промисловості. Її конструкція забезпечує герметичність, механічну міцність і стійкість до впливу агресивних середовищ.

Даний виріб являє собою циліндричну біметалеву оболонкову конструкцію зі сферичними днищами. Конструкція має діаметр 2000 мм, довжину 6000 мм і товщину стінки 14 мм.

Цистерна має циліндричну частину, сформовану з двох обичайок, з'єднаних між собою, а також два сферичних днища, які приєднуються до обичайок з обох боків за допомогою кільцевих зварних швів.

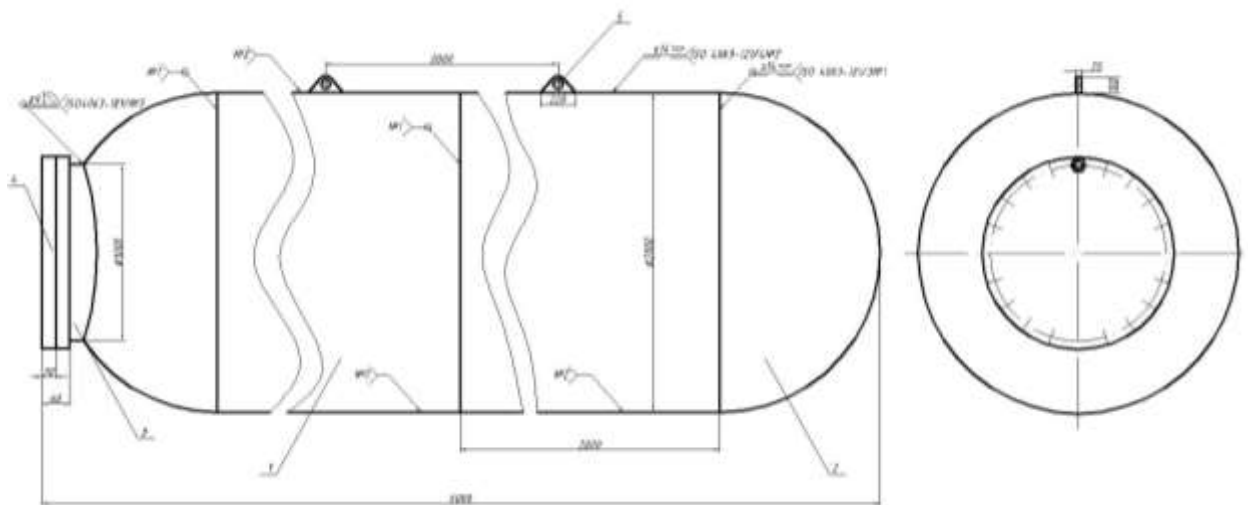


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення цистерни

1 – обичайка; 2 – днище; 3 – горловина; 4 – кришка; 5 – транспортувальне кріплення

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Під час виготовлення конструкції суворо дотримуються вимог технічної документації. Технологія зварювання обичайок і сферичних днищ повинна відповідати комплексу нормативних вимог, серед яких ключовими є забезпечення однорідності властивостей зварного з'єднання порівняно з основним металом, а також повна відсутність дефектів у швах. Механічні характеристики металу зварного шва та прилеглої зони мають бути не нижчими за межу міцності основного матеріалу.

При виготовленні конструкції та виконанні зварювальних робіт особливе значення має точне дотримання геометричних розмірів деталей, а також режимів зварювання. Параметри зварювального процесу повинні бути підібрані відповідно до типу з'єднання, товщини зварюваних елементів, марки сталі та використовуваних зварювальних матеріалів. Зварні шви повинні мати підсилення, бути ретельно очищеними від шлаку, а лицеві поверхні, що підлягають фарбуванню, - очищеними від бризок. Всі такі поверхні мають бути чітко позначені у конструкторській документації.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Під час вибору матеріалу для виготовлення зварної конструкції першочергово враховуються умови її експлуатації, а також вимоги до механічних властивостей як основного металу, так і зварних з'єднань. Матеріал повинен забезпечувати необхідну міцність і жаростійкість конструкції при оптимальних витратах на виготовлення, з урахуванням економного використання ресурсів. Важливо також гарантувати належну зварюваність у зоні з'єднання.

Не всі марки сталі здатні забезпечити необхідні умови зварюваності в зоні з'єднання. Найбільш придатними для цього є низьколеговані сталі та високолеговані сталі аустенітного класу, які мають відповідні технологічні

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

властивості. Водночас між ними існує суттєва різниця – тривалість експлуатації та вартість таких матеріалів можуть значно відрізнятися. Для вирішення цієї проблеми застосовують два основні підходи:

а) перший варіант – вибір марки сталі, яка поєднує довговічність із економічною доцільністю;

б) другий варіант – використання біметалічних листів, що є більш доступними за ціною, ніж листи аналогічної товщини, виготовлені з високолегованих корозійностійких сталей.

Хоча застосування біметалічних листів, передбачене другим методом, є економічно вигідним рішенням, воно потребує розробки спеціалізованого технологічного процесу зварювання, адаптованого до особливостей таких матеріалів.

Оскільки експлуатація цистерни передбачає вплив зовнішнього атмосферного середовища та агресивного хімічного середовища зсередини, доцільним є її виготовлення з двохшарової сталі, що дозволяє ефективно поєднати захисні та конструкційні властивості матеріалів. Підбір шарів здійснюється таким чином, щоб кожен із них виконував свою функцію максимально ефективно. Для зовнішньої оболонки оптимальним вибором є сталь марки 16ГС, яка характеризується високою стійкістю до корозії, добрими механічними властивостями та здатністю забезпечити необхідну жорсткість конструкції.

Для внутрішнього шару конструкції доцільно застосувати високолеговану нержавіючу хромонікелеву сталь підвищеної міцності марки 08X18H10T. Незважаючи на те, що використання цього матеріалу супроводжується збільшенням витрат, такий вибір є стратегічно обґрунтованим з точки зору довготривалої експлуатації. Сталь 08X18H10T значно перевершує низьколеговані та вуглецеві сталі за антикорозійними властивостями, що особливо важливо в умовах агресивного хімічного середовища всередині цистерни. З урахуванням того, що при виготовленні

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

біметалевих листів товщина шару цієї сталі становить лише 2 мм, її застосування є економічно доцільним. Такий підхід дозволяє забезпечити високу корозійну стійкість і тривалий термін служби виробу, що, в свою чергу, відповідає головному критерію вибору матеріалу.

Хімічний склад сталі 16ГС і 08Х18Н10Т, які входять в склад двошарової сталі приведено в таблиці 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 16ГС, % [2]

C	Mn	Si	N	As	P	S	Cr	Ni	Cu
не більше									
0,12-0,18	0,90-1,20	0,44-0,70	0,008	0,08	0,035	0,040	0,30	0,30	0,30

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 08Х18Н10Т [2]

Вміст елементів, %								
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не більше								
до 0,08	до 0,8	до 2,0	17,0-19,0	9,0-11,0	0,5-0,7	0,020	0,035	0,30

Зварюваність низьколегованої сталі 16ГС можна оцінити за еквівалентом вуглецю, який розраховуємо за формулою [3, с.127]:

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

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

$$C_{екв} = 0,18 + \frac{1,20}{6} + \frac{0,70}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,52\%$$

На основі отриманих результатів встановлено, що обрана марка сталі має схильність до утворення тріщин у зоні зварного шва. Основна небезпека виникає саме в процесі кристалізації, коли структура металу формується під час охолодження. Щоб мінімізувати ризик появи тріщин, доцільно застосовувати контрольоване повільне охолодження після зварювання, що дозволяє знизити внутрішні напруження в матеріалі. Крім того, важливим технологічним заходом є термічна обробка шва та прилеглої зони – зокрема, відпуск, який сприяє стабілізації структури металу.

Під час аналізу сталі марки 08X18H10T слід зазначити, що вона широко застосовується для виготовлення виробів, які експлуатуються в умовах агресивного технологічного середовища. Завдяки сприятливому співвідношенню легуючих елементів ($Cr/Ni > 2$), ця сталь добре зварюється за умови правильного вибору зварювальних матеріалів, що забезпечують стабільність структури шва. Хоча термічний цикл зварювання незначно впливає на ударну в'язкість металу шва та прилеглої зони, він може суттєво знижувати корозійну стійкість, особливо при повторному нагріванні. Тому в окремих випадках виникає потреба у проведенні термічної обробки виробу. Для збереження антикорозійних властивостей сталі біляшовну ділянку нагрівають до температури 500–800 °C з подальшим повільним охолодженням.

Механічні властивості сталей приведені в таблицях 1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості сталі 16ГС [2]

Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5 ,
		МПа		%
		не менше		
Листи і смуги (зразки поперечні)	від 10 до 20	315	480	21

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 08X18H10T [2]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, МДж/м ²	Магнітна проникність
не менше					не більше
200	500	40	55	2,2	-

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріали та напівфабрикати, що застосовуються у процесі виготовлення виробу, повинні повністю відповідати вимогам державних стандартів та технічних умов, встановлених для конкретного типу продукції. Це стосується як хімічного складу, так і механічних властивостей.

Якість та характеристики матеріалів, що використовуються у виробництві, мають бути підтверджені сертифікатами якості, виданими організацією-виробником. Ці документи засвідчують відповідність матеріалів встановленим стандартам і технічним умовам. У випадках, коли сертифікати від постачальника відсутні, оцінку придатності та якості матеріалів здійснює заводська лабораторія, яка проводить необхідні випробування та оформлює відповідні протоколи.

Під час вибору матеріалів для виготовлення цистерни необхідно комплексно враховувати низку критичних факторів. До основних критеріїв належать: розрахунковий тиск, температура стінок, хімічний склад і характер робочого середовища, технологічні особливості обробки та зварювання, а також необхідна корозійна стійкість.

Під час вибору матеріалів для виготовлення цистерни, яка експлуатуватиметься на відкритій місцевості або в неопалюваному приміщенні, необхідно враховувати кліматичні умови регіону.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Сталеві листи, що використовуються у виробництві, мають відповідати високим вимогам якості та не повинні містити жодних дефектів. Зокрема, недопустимими є хвилястість поверхні, заусенці, тріщини, а також будь-які механічні чи структурні пошкодження.

Якість і експлуатаційні характеристики матеріалів та напівфабрикатів, що використовуються у виробництві оболонкових конструкцій, мають повністю відповідати вимогам чинних державних стандартів та технічних умов.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Відповідно до вимог Держтехнагляду, при виготовленні обичайок, резервуарів та цистерн, призначених для транспортування і зберігання продуктів нафтової та газової промисловості, допускаються лише строго регламентовані відхилення, що не впливають на безпеку та експлуатаційну надійність конструкції. Зокрема: відхилення по діаметру не повинні перевищувати 1% від номінального внутрішнього діаметра виробу, овальність поперечного перерізу також обмежується 1%, місцеві потоншення стінки не допускаються, якщо вони призводять до зменшення товщини нижче граничного значення, визначеного технічною документацією.

У випадках, коли виріб експлуатується в агресивному середовищі, доцільно передбачити прибавку до товщини стінки для компенсації корозійного зносу протягом усього терміну служби. Для виробів, виготовлених із вуглецевих або низьколегованих сталей, мінімальна товщина стінки з урахуванням корозійної прибавки повинна становити: $(1000 + 2,5) \text{ мм} / D$, де D – номінальний діаметр виробу в міліметрах.

Резервуари з внутрішнім діаметром понад 800 мм обов'язково повинні бути обладнані люками, що забезпечують можливість проведення внутрішнього огляду, технічного обслуговування та ремонту. Люки не

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинні розміщуватись у місцях перетину зварних швів, оскільки це може призвести до концентрації напружень.

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, 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

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

забезпечення трасування відповідальності, контролю якості та можливості аналізу у випадку виявлення дефектів.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання під зварювання має вирішальне значення для забезпечення високої якості зварних з'єднань виробу. Не допускається зварювання деталей, які пройшли термічне гартування, цементацію або оксидування, оскільки це може негативно вплинути на зварюваність та структуру металу.

Складання елементів конструкції повинно здійснюватися у спеціальних складально-зварювальних пристроях.

Під час визначення базових розмірів складально-зварювальних пристроїв, установок і стендів необхідно враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання вузла.

Під час складання прихоплення слід виконувати виключно в тих місцях і в тій послідовності, які передбачені технологічним процесом. Їх довжина не повинна перевищувати 25 мм, а переріз має становити від 0,35 до 0,75 мм.

Під час виготовлення виробу необхідно суворо дотримуватись вимог, зазначених у технічній документації. Зварювальні кромки та прилеглі до них ділянки основного металу шириною не менше 15 мм перед зварюванням повинні бути ретельно зачищені від забруднень до появи металевого блиску. Після зачищення поверхня кромок має бути рівною, без подряпин глибиною понад 0,5 мм.

Під час складання необхідно забезпечити паралельність стиків кромок та стабільність зазору між ними в межах, визначених інструкцією. Обрані способи складання елементів не повинні спричиняти деформацію металу, щоб зберегти точність геометрії та якість зварного з'єднання.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час розроблення технологічного процесу складання та зварювання, з метою забезпечення високої якості з'єднань, необхідно передбачити мінімізацію перерізів швів і зменшення ширини біляшовної зони. Досягнення необхідної якості зварного з'єднання можливе лише за умови вільного доступу до місця зварювання.

Висока якість зварювання досягається за умови дотримання таких вимог:

- виконання зварювальних робіт із застосуванням відповідних, сертифікованих матеріалів;
- недопущення дефектів у зварних з'єднаннях;
- забезпечення точності складання елементів конструкції;
- проведення контролю якості зварних швів методом ультразвукової дефектоскопії.

У випадку наявності в зварному з'єднанні дефектів, допустимих без виправлення, їх загальна довжина не повинна перевищувати 15 % від загальної довжини шва цього з'єднання.

Тріщини, непровари та пори в зоні термічного впливу, а також у металі шва, категорично не допускаються. Їх наявність свідчить про порушення технології зварювання та може призвести до зниження міцності конструкції.

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

Технологічний процес виготовлення цистерни включає попереднє правлення, розмічування та різання листового прокату на заготовки заданих розмірів. Після цього здійснюється обробка кромки на спеціалізованих кромкостругальних машинах.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виготовлення обичайок циліндричної частини цистерни здійснюється на валкоформувальних машинах. Формування днищ проводиться за допомогою пресового обладнання.

Прихоплення обичайок виконується методом напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO₂). Основне зварювання цистерни здійснюється багатопрхідним напівавтоматичним способом під шаром флюсу.

Даний технологічний процес має низку недоліків:

- напівавтоматичне зварювання під шаром флюсу виконується в кілька проходів, що ускладнює процес;
- потребує залучення висококваліфікованих зварників;
- необхідна участь допоміжного персоналу для очищення кожного шару шва від шлаку;
- застосовуються механічні затискачі, що може обмежувати гнучкість складання.

Загалом технологічний процес відзначається високою трудомісткістю. У зв'язку з потребою збільшення обсягів виробництва, а також впровадженням двошарової сталі, виникла необхідність перегляду чинного технологічного процесу виготовлення конструкції. Це, своєю чергою, потребує заміни технологічної зварювальної оснастки та впровадження більш продуктивного зварювального устаткування.

Таким чином, удосконалення існуючого технологічного процесу можливе шляхом заміни напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу на автоматичне. Також необхідно оновити застаріле обладнання, замінивши його на більш сучасне та продуктивне.

Запропоновані вдосконалення сприяють підвищенню рівня механізації та автоматизації технологічного процесу виготовлення цистерни. Це дозволяє збільшити продуктивність виробництва, знизити трудомісткість робіт і, як результат, позитивно впливає на собівартість та якість готового виробу.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Процес виготовлення цистерни потребує максимальної механізації та автоматизації, оскільки застосовувані раніше способи зварювання характеризуються високою трудомісткістю, значними витратами часу та необхідністю виконання зварювальних робіт у кілька проходів. Впровадження механізованих і автоматизованих методів зварювання відкривається можливість підвищення продуктивності праці, зниження трудомісткості, а також покращення якості зварних швів.

На основі літературних джерел та технічних рекомендацій, для зварювання металу товщиною 14 мм доцільно застосовувати такі способи: ручне дугове багатопрохідне зварювання (ММА), напівавтоматичне зварювання в середовищі CO₂ (MAG), автоматичне дугове зварювання під флюсом (SAW), електронно-променеве зварювання (EBW), зварювання в середовищі інертного газу (MIG/TIG).

Застосування електронно-променевого зварювання є обмеженим через відсутність спеціалізованого обладнання, адаптованого для зварювання конструкцій такого типу. Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів також має низку обмежень, зокрема складність автоматизації процесу та необхідність попередньої обробки кромки, що ускладнює виробничий цикл. У зв'язку з потребою збільшення обсягів випуску продукції, використання зазначених методів зварювання може призвести до розширення виробничих площ та значного збільшення кількості персоналу.

Застосування ручного дугового зварювання є технічно можливим, однак цей метод потребує залучення висококваліфікованих зварників і супроводжується значними витратами часу. В умовах необхідності нарощування обсягів виробництва така трудомістка технологія стає економічно неефективною.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час вибору оптимального способу зварювання для виготовлення цистерни слід комплексно враховувати низку ключових факторів: матеріал, товщина деталей, ступінь відповідальності, масштаби виробництва і якість зварювання.

В даний час великий об'єм зварювання виконується вручну покритим електродом. В залежності від показників міцності зварюваної сталі і вимог до зварної конструкції призначають певний тип електродів. Найбільш широке застосування в останні роки для зварювання конструкції з низьколегованої сталі набули електроди типу Е46Т з рутиловим покриттям (АНО-3; АНО-4; ОЗС-4; МР-3 та інші) [4, с.472].

Для особливо відповідальних зварних конструкцій використовують електроди з фтористо-кальцієвим і фтористо-кальцієворутиловим покриттям типу Е42А, наприклад марок УОНІ-13/45 і СМ-11, що забезпечують підвищену стійкість металу шва проти кристалізаційних тріщин і більш високі пластичні властивості. Недоліком електродів УОНІ-13/45 є необхідність проведення зварювання менш постійним струмом (зворотної полярності), а також понижена стійкість проти утворення в металі шва пор при наявності іржі на кромках або зволожені покриття [4, с.472].

Суттєвим недоліком ручного дугового зварювання металевим електродом є мала продуктивність процесу і залежність якості зварного шва від практичних навиків зварників [4, с. 17].

Ручне дугове зварювання раціонально застосовувати для коротких швів. Розташованих в різних просторових положеннях і при дрібносерійному характері виробництва. На монтажі застосування ручного зварювання виправдане при незначному об'ємі робіт навіть для більш якісних швів. Доцільно використовувати ручне зварювання при ремонтних роботах [4,с.108].

Напівавтоматичне зварювання у вуглекислому газі має важливу перевагу – можливість виконання зварювальних робіт у всіх просторових

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

положеннях. Розширення сфери застосування цього методу відбувається завдяки поступовій заміні ручного дугового зварювання.

Автоматичне дугове зварювання під флюсом, незважаючи на складність технології та високу вартість обладнання, набуло широкого застосування у виробництві. Це пояснюється його здатністю забезпечувати стабільні режими зварювання, високу продуктивність і надійну якість зварних швів.

Автоматичне зварювання має низку суттєвих переваг порівняно з напівавтоматичним, що робить його особливо ефективним у серійному та великосерійному виробництві:

- а) вища продуктивність;
- б) зниження вимог до кваліфікації персоналу;
- в) економія матеріалів;
- г) глибоке проплавлення за один прохід.

Одним із суттєвих недоліків автоматичного дугового зварювання під флюсом є його обмежене застосування – цей метод не придатний для виконання зварних швів у різних просторових положеннях.

В останні роки все ширшого застосування набуває імпульсно-дугове зварювання, яке демонструє високу ефективність при роботі з металами різної товщини. У цьому процесі основний метал розплавляється під дією дуги, що періодично горить окремими імпульсами постійного струму з чітко визначеним часовим інтервалом. При надто тривалій паузі між імпульсами (інтервал t_n) відбувається деіонізація дугового проміжку, що ускладнює повторне збудження дуги. Для усунення цього недоліку в системі постійно підтримується малопотужна чергова дуга, яка забезпечує стабільність процесу. Незважаючи на певну технічну складність, імпульсно-дугове зварювання є економічно вигідним і технологічно перспективним методом.

Отже, з урахуванням специфіки різних методів зварювання, а також технологічних особливостей роботи з низьколегованими та високолегованими

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сталями, оптимальним вибором для виготовлення циліндричної частини цистерни є автоматичне дугове зварювання під флюсом.

Такий вибір технології зварювання повністю відповідає поставленим виробничим завданням, оскільки дозволяє дотриматися необхідних технологічних параметрів, забезпечити високу міцність і надійність конструкції.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Зазвичай при виконанні зварювальних робіт як присадковий матеріал застосовується зварювальний дріт, який виготовляється методом гарячого прокатування, а також волочінням після гарячого прокатування.

Вибір зварювального матеріалу обумовлюється необхідністю формування бездефектної структури металу шва, яка за своїми механічними та фізико-хімічними властивостями відповідає вимогам, що висуваються до конструкції в умовах її експлуатації.

У більшості випадків при зварюванні низьколегованих сталей досягнення щільних, бездефектних швів забезпечується застосуванням електродних матеріалів на основі кремнію та марганцю. Такі присадкові компоненти сприяють зниженню кількості оксидних включень у металі шва, що, своєю чергою, позитивно впливає на його структуру.

Отже, для зварювання складових частин циліндричної цистерни зі сталі 16ГС доцільно використовувати зварювальний дріт суцільного поперечного перерізу марок Св-08Г2С або Св-08ГС. Ці марки дроту характеризуються високою технологічною придатністю та відповідають вимогам до зварювання конструкцій підвищеної відповідальності.

Склад зварювального дроту Св-08Г2С представлено в таблиці 2.1.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08Г2С [5, с. 76]

Вміст елементів, %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
0,05- 0,11	0,70- 0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

Під час автоматичного дугового зварювання під флюсом сталі марки 16ГС із застосуванням дроту Св-08Г2С рекомендовано використовувати флюси АН-348А та ОСЦ-45.

У зв'язку з тим, що конструкція є відповідальною, для захисту металу зварювальної ванни обґрунтовано обирається флюс ОСЦ-45, який характеризується низькою чутливістю до коливань хімічного складу як основного металу, так і електродного дроту. Застосування дроту Св-08Г2С у поєднанні з флюсом ОСЦ-45 забезпечує формування зварного шва з механічними властивостями, що відповідають характеристикам сталі 16ГС.

Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 [5, с.108]

Вміст елементів, %								
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P
38-44	34-41	6,5	2,5	5,0	6-9	2,0	0,15	0,15

Під час зварювання високолегованих корозійностійких жароміцних сталей аустенітного класу головним завданням є правильний підбір зварювальних матеріалів, які здатні забезпечити формування з'єднання з властивостями, максимально наближеними до характеристик основного металу. Для сталі 08Х18Н10Т логічним здається використання дроту з

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ			Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				23

аналогічним хімічним складом. Проте на практиці такий підхід не завжди є ефективним, оскільки в процесі зварювання частина хрому витрачається на утворення оксидів або випаровується. З метою компенсації втрат хрому та стабілізації хімічного складу наплавленого металу доцільно використовувати зварювальний дріт з підвищеним вмістом хрому, а також із добавками хімічно активних елементів, таких як ніобій. Усі ці вимоги задовольняє дріт марки Св-08Х19Н10Б, який у поєднанні з флюсом 48-ОФ-6 забезпечує отримання зварного з'єднання з високими механічними показниками.

Хімічний склад зварювального дроту і флюсу приведено в таблицях 2.3, 2.4.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад дроту Св-08Х19Н10Б [5, с.76]

Вміст елементів, %							
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Примітки
					не більше		
0,05- 0,10	≤0,70	1,2-1,7	18,5- 20,5	9,0- 10,5	0,018	0,025	Nb 1,2-1,5

Таблиця 2.4 – Хімічний склад флюсу 48-ОФ-6 [5, с.108]

Вміст елементів, %							
SiO ₂	CaO	MgO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	S	P	Fe ₂ O ₃
					не більше		
9,0-12,0	до 8,0	11,0-14,0	35,0-45,0	28,0-34,0	0,05	0,04	-

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Автоматичне дугове зварювання під флюсом характеризується рядом ключових технологічних параметрів, які визначають стабільність процесу та якість зварного з'єднання. До основних належать: зварювальний струм, напруга дуги, швидкість зварювання і подачі дроту, марка і діаметр зварювального дроту.

Для забезпечення високої технологічної і експлуатаційної міцності необхідно забезпечити такі умови:

- а) коефіцієнт форми провару $\varphi_{np} = l/n$ - повинен бути в межах 0,8-4;
- б) коефіцієнт підсилення шва $\varphi_b = l/g$ - не повинен бути більшим ніж 7...10.

Розрахунок параметрів режиму зварювання проводимо за типом з'єднання приведеним на рисунку 2.1.

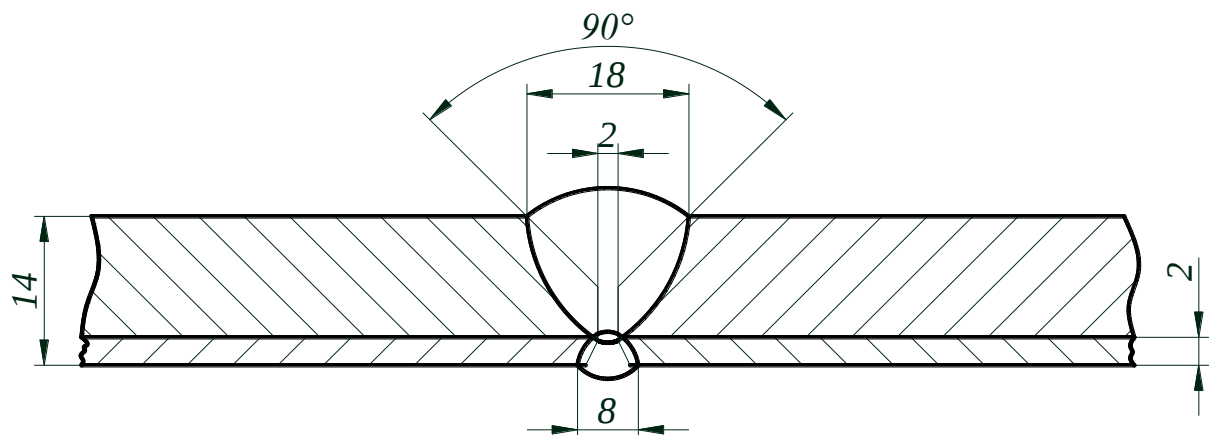


Рисунок 2.1 – Схема стикового з'єднання

Схема шва при виготовленні циліндричної частини резервуара виконуємо згідно рекомендацій автоматичним зварюванням під флюсом, Його ескіз показаний на рисунку 2.1.

Визначимо силу зварювального струму за формулою:

$$I_{зв} = \frac{h}{k} \cdot 100, \quad [6, \text{с.192}] \quad (2.1)$$

де h – глибина проплавлення, мм, виходячи з умови повного проплавлення, приймаємо глибину проплавлення 14 мм;

k – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов проведення зварювання, мм/100А.

Для електродного дроту діаметром 5 мм, $k=1,25$ мм/100А.

$$I_{зв} = \frac{12}{1,25} \cdot 100 = 960 \approx 1000 \text{ А.}$$

Зварювальний струм приймаємо рівним 1000 А.

Визначимо діаметр електродного дроту за формулою:

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}} \quad [6, \text{с.193}] \quad (2.2)$$

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

j – густина струму, А/мм²;

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{1000}{50}} = 5,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр електродного дроту рівний 5 мм.

Визначаємо напругу на дузі за формулою:

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0,5}} \cdot I_{зв} \pm 1, \quad [6, \text{с.194}] \quad (2.3)$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

де $I_{зв}$ – струм зварювальний, А;

d_e – діаметр електродного дроту, мм;

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{5^{0,5}} \cdot 1000 \pm 1 = 40,2 \text{ В.}$$

Приймаємо напругу на дузі рівну 40 В.

Розрахуємо площу наплавленого металу в поперечному перерізі шва, яка рівна сумі площ підсилення і величини зазору в поперечному перерізі шва.

Площа підсилення в поперечному перерізі шва розрахуємо за формулою:

$$F_1 = 0,75 \cdot l \cdot q, \quad (2.4)$$

де l – ширина зазору шва, м;

q – величина підсилення шва, м;

$$F_1 = 0,75 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначимо площу наплавленого металу в зазорі поперечного перерізу шва за формулою:

$$F_2 = h_u \cdot l + h_p \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h_p, \quad (2.5)$$

де h_u – висота шва, м;

l – ширина зазору шва, м;

h_p – висота розроблення, м;

α – кут розроблення;

$$F_2 = 12 \cdot 2 + 7 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ \cdot 7 = 73 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = F_1 + F_2, \quad (2.6)$$

де F_1 – площа поперечного перерізу підсилення шва, мм^2 ;

F_2 – площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва, мм^2 ;

$$F = 33 \cdot 10^{-6} + 73 \cdot 10^{-6} = 106 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт наплавлення розрахуємо за формулою:

$$\alpha_n = A + B \cdot \frac{I_{зв}}{d_{ел}}, \quad [5, \text{с.246}] \quad (2.7)$$

де A – коефіцієнт пропорційності, при постійному струмі, $A=2,3$;

B – коефіцієнт пропорційності при постійному струмі, $B=0,04$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, A ;

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм ;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,04 \cdot \frac{1000}{5} = 10,22 \text{ г} \cdot A / \text{год}.$$

Визначимо швидкість подачі електродного дроту в зону зварювання за формулою:

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{ел}^2 \cdot \gamma}, \quad [5, \text{с.246}] \quad (2.8)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $\text{г} \cdot A / \text{год}$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, A ;

π – геометрична константа, $\pi=3,14$;

$d_{ел}$ – діаметр електрода, мм ;

γ – густина наплавленого металу, $\text{кг}/\text{м}^3$. Густина сталі рівна $7800 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot 10,2 \cdot 1000}{3,14 \cdot 5^2 \cdot 7800} = 65,3 \frac{\text{м}}{\text{год}} \approx 65 \text{ м}/\text{год}.$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100}, \quad [5, \text{с.250}] \quad (2.9)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $г \cdot А / год$;

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

F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу, $м^2$;

γ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$;

$$V_{зв} = \frac{10,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1000}{106 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 100} = 13,1 \text{ м/год.}$$

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом зовнішнього стикового шва циліндричної частини

Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
5	1000	40	13	65

Проведемо розрахунок параметрів режиму зварювання для другого шва, який проводиться при зварюванні з внутрішньої сторони.

Прийmemo діаметр електродного дроту рівний 2 мм.

Визначимо силу зварювального струму за формулою (2.1):

$$I_{зв} = \frac{2}{1,35} \cdot 100 = 222 \approx 230 \text{ А.}$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо уточнений діаметр електродного дроту за формулою (2.2):

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{230}{100}} = 1,7 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр електродного дроту 2 мм.

Визначаємо напругу на дузі за формулою (2.3):

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2^{0,5}} \cdot 230 \pm 1 = 32 \text{ В.}$$

Визначаємо площу поперечного перерізу підсилення даного шва за формулою (2.4):

$$F_1 = 0,75 \cdot 2 \cdot 8 = 12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу поперечного перерізу наплавленого металу в зазорі за формулою (2.5):

$$F_2 = 2 \cdot 3 + 2 \cdot \operatorname{tg} 45^\circ \cdot 2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу наплавленого металу в поперечному перерізі шва за формулою (2.6):

$$F = 12 \cdot 10^{-6} + 10 \cdot 10^{-6} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт наплавлення за формулою (2.7):

$$\alpha_n = 2,3 + 0,04 \cdot \frac{230}{2} = 7,67 \text{ г} \cdot \text{А/год.}$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту в зону зварювання за формулою (2.8):

$$V_{n.d.} = \frac{4 \cdot 7,67 \cdot 230}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7800} = 98,1 \text{ м/год} \approx 98 \text{ м/год}.$$

Швидкість зварювання розрахуємо за формулою (2.9):

$$V_{зв} = \frac{7,67 \cdot 10^{-3} \cdot 230}{22 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 10,3 \text{ м/год} \approx 10 \text{ м/год}.$$

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання другого шва цистерни, який виконується з внутрішнього боку заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом внутрішнього стикового шва циліндричної цистерни

Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
2	230	32	10	98

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Під час вибору зварювального обладнання слід враховувати, що на механізованих установках для складання та зварювання обичайок цистерни використовується устаткування, розраховане на зварювання металу товщиною від 8 до 20 мм.

Під час автоматичного зварювання під флюсом використовуються системи з постійною швидкістю подачі дроту, які функціонують на основі принципу саморегулювання дуги. Суть цього принципу полягає в тому, що при певному співвідношенні сили струму та діаметра електродного дроту в

дуговому проміжку автоматично встановлюється такий режим, за якого швидкість плавлення дроту дорівнює швидкості його подачі. У випадку миттєвого збільшення довжини дуги сила струму зменшується, що призводить до зниження швидкості плавлення дроту. Це, своєю чергою, спричиняє зменшення довжини дуги, після чого сила струму знову зростає, доки не відновиться початковий режим. Аналогічно, при зменшенні довжини дуги сила струму зростає, прискорюючи плавлення дроту, що сприяє поверненню дуги до стабільного стану.

У нашому випадку для виконання зовнішніх кільцевих і поздовжніх швів обичайок застосовується портална зварювальна установка, оснащена автоматом А-1416 для дугового зварювання під флюсом.

Технічна характеристика автомата А-1416 приведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічна характеристика автомату для зварювання під флюсом А-1416 [7, с.290]

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення, В	380
Номінальний зварювальний струм, А	1000
Діаметр електродного дроту, мм	2...5
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	47-509
Швидкість зварювання, м/год	12-120
Вертикальний хід зварювальної головки, мм	250
Габаритні розміри, мм:	
висота	1860
ширина	860
довжина	960
Маса, кг	295
Регулювання кута нахилу електрода, град	± 25

Для забезпечення живлення автомата А-1416, що використовується при зварюванні зовнішніх кільцевих швів обичайок, доцільно застосувати універсальний зварювальний випрямляч КІУ-1201.

Технічна характеристика випрямляча КІУ-1201 приведена в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика випрямляча КІУ-1201 [7, с.260]

Параметри	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	1250
Номінальний режим роботи, ТВ %	100
Номінальна робоча напруга, В	56
Напруга холостого ходу, В	85
Діапазон регулювання сили зварювального струму, А	300-1250
Діапазон регулювання напруги, В	24-56
Первинна потужність, кВ·А	135
Коефіцієнт корисної дії, %	83
Габаритні розміри, мм:	
висота	850
ширина	1250
довжина	1400
Маса, кг	850

Для зварювання внутрішніх повздовжніх і кільцевих швів конструкції застосовується спеціально розроблена зварювальна головка, призначена для автоматичного дугового зварювання під флюсом. Вона монтується на рухомій консолі, що забезпечує точне позиціонування та рівномірне переміщення уздовж шва.

Технічна характеристика зварювальної головки А-1423-У4 приведена в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічна характеристика зварювальної головки А-1423-У4, для зварювання внутрішніх швів цистерни [7, с.290]

Параметри	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	300
Діаметр електродного дроту, мм	1,6-3
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	45-450
Габаритні розміри, мм	760x840x1670
Маса, кг	210

Дана зварювальна головка оснащується випрямлячем КІУ-301, виходячи з розрахованої величини зварювального струму.

Технічна характеристика випрямляча КІУ-301 приведена в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика випрямляча КІУ-301 [7, с.256]

Параметри	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	315
Номінальний режим роботи, ТВ %	60
Вторинна напруга, В	35
Напруга холостого ходу, В	72
Діапазон регулювання струму, А	50-315
Потужність, кВт·А	16
Первинна напруженість, кВА	23
Габаритні розміри, мм:	720x530x770
Маса, кг	190

На початковому етапі реалізації технологічного процесу зварювання здійснюється прихоплювання кромки методом напівавтоматичного зварювання в середовищі захисного газу.

Технічні характеристики напівавтомату приведена в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики напівавтомата ПДГ-351 SELMA [8]

Напруга мережі, В	380	Періодичність вмикання ПВ, %	70
Споживана потужність, кВА	17	Номінальна напруга на дузі, В	30
Номінальний зварювальний струм, А	315	Напруга холостого ходу, В	42
Число ступенів регулювання струму	20	Тип роз'єму пальника	євророз'єм
Межі регулювання зварювального струму, А	40-380	Клас захисту	Н
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,6	Маса, кг	114
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	70-960	Габаритні розміри, мм	830x450x905

Найважливішим елементом будь-якого зварювального апарата є зварювальний пальник, оскільки саме він відповідає за збудження дуги та формування і напрям потоку захисного газу в зону зварювання. Конструкція пальника повинна відповідати ряду критичних вимог, зокрема: безпечність експлуатації, стабільність дуги, ефективний захист зони зварювання, мінімальне забруднення сопла та зручність обслуговування.

Таблиця 2.12 – Технічні характеристики зварювального пальника Binzel
ABIMIG AT 350 [9]

Номінальний зварювальний струм, А	320
Спосіб захисту дуги	газовий
Діаметр електродного дроту, мм	0.6-2.0
Довжина шлангів, м	3

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Вибір методів контролю якості зварних з'єднань залежить від характеру необхідної інформації, специфіки об'єкта контролю та можливості застосування відповідного методу в конкретних виробничих умовах. Для виявлення зовнішніх дефектів найчастіше застосовується візуально-оптичний контроль, який проводиться неозброєним оком або з використанням збільшувальних засобів, таких як лупа. Контроль якості має виконуватись ретельно та кваліфіковано, з обов'язковою реєстрацією всіх виявлених дефектів. Це необхідно для подальшого аналізу причин їх виникнення та вжиття коригувальних заходів.

Своєчасне усунення дефектів, виявлених візуальним оглядом і виявлення їх причини виникнення дозволяє оперативно регулювати якість і зменшити об'єми наступних етапів не руйнівного контролю [10, с.114].

Для виявлення внутрішніх дефектів зварних швів, таких як тріщини, непровари та неметалеві включення, застосовують радіаційні та ультразвукові методи контролю, які дозволяють отримати достовірну інформацію про стан з'єднання без його руйнування.

Магнітному методу контролю підлягають виключно феромагнітні матеріали. Однак при застосуванні цього методу виникають певні труднощі, пов'язані з габаритами виробу. Для контролю великих конструкцій необхідне

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

використання потужного електромагніту, здатного створити достатнє магнітне поле для намагнічування всієї контрольованої зони.

Радіаційні методи контролю ґрунтуються на використанні іонізуючого випромінювання, зокрема рентгенівських променів та гама-випромінювання. Принцип їх дії полягає у зміні інтенсивності випромінювання при проходженні крізь матеріал, що зумовлено втратою частини енергії залежно від густини та товщини контрольованого об'єкта. На рентгенівському знімку зварного з'єднання можна спостерігати світлі та темні ділянки, які свідчать про неоднорідність структури металу. Зміна кольору в зоні шва вказує на зменшення або збільшення густини, що може бути ознакою внутрішнього дефекту.

Одним із суттєвих недоліків радіаційного методу контролю є його обмежена ефективність у виявленні площинних дефектів, таких як тріщини, що розташовані паралельно до напрямку випромінювання. Такі дефекти можуть залишитися непоміченими на рентгенівському знімку через слабе поглинання променів.

Ультразвукова дефектоскопія переважно ґрунтується на одному з двох основних методів.

Перший метод ультразвукової дефектоскопії базується на зменшенні амплітуди сигналу, що спостерігається як при імпульсному, так і при неперервному випромінюванні. Виявлення дефектів тіньовим методом здійснюється за рахунок ослаблення або повного зникнення ультразвукового сигналу, який проходить крізь матеріал. Основна складність цього методу, що він вимагає двобічного доступу до зони контролю – як з боку випромінювача, так і з боку приймача. Дзеркально-тіньовий метод також базується на зменшенні амплітуди сигналу, але використовує відбиття хвиль від дефекту та не потребує двобічного доступу. Обидва методи успішно застосовуються для контролю стиків арматури залізобетону періодичного профілю.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий метод ультразвукової дефектоскопії полягає у використанні відбитих хвиль, що виникають при зіткненні ультразвуку з внутрішніми несуцільностями матеріалу, які мають інший акустичний опір порівняно з основним металом. Відбита хвиля фіксується та реєструється приладом. Цей метод називається ехо-імпульсним, оскільки озвучування об'єкта здійснюється короткими імпульсами. Ознакою наявності дефекту є поява ехо-сигналів на екрані приймача. Ехо-імпульсний метод широко застосовується для контролю стикових, кутових, напусткових і таврових зварних з'єднань, а також дозволяє виявляти дефекти в елементах товщиною до 1000 мм і більше.

Дефекти з площею до 0,7 мм² можуть бути успішно виявлені на глибині до 100 мм за допомогою ультразвукового контролю. Для цього використовується один перетворювач, який виконує функції як випромінювача, так і приймача ультразвукових хвиль, а також забезпечує підсилення отриманого сигналу.

Для контролю герметичності виробів оболонкової форми широко застосовуються спеціальні установки, які дозволяють виявити наскрізні дефекти та оцінити надійність конструкції під тиском. Процедура перевірки включає послідовність операцій: спочатку виріб встановлюють у зону випробування, після чого під'єднують трубопроводи та герметизують усі отвори. Далі весь внутрішній об'єм виробу заповнюють водою з повним видаленням повітря, щоб уникнути похибок у вимірюваннях. Потім тиск води підвищують до рівня, що перевищує робочий приблизно на 50%, і витримують виріб під цим тиском протягом визначеного часу. Після завершення випробування тиск скидають, а виріб звільняють від рідини.

Випробування виробів на герметичність зазвичай проводиться при тиску в межах 3...3,5 МПа. Час витримки під тиском становить до 60 секунд.

Тому, для комплексного контролю якості виробу, особливо якщо він експлуатується у вибухонебезпечних умовах, необхідно поєднувати візуально-оптичний огляд із перевіркою на герметичність.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення цистерни є багатоступеневим і охоплює повний цикл робіт – від підготовки матеріалів до остаточного контролю якості. Його структура включає такі основні операції, як заготівельні, складальні, зварювальні, допоміжні, опоряджувальні та контроль якості.

2.6.1 Заготівельні операції

Для підготовки заготовок, які в подальшому використовуватимуться у складальних операціях, необхідно виконати низку технологічних дій:

- а) очищення;
- б) правлення;
- в) розмічування;
- г) різання;
- д) стругання;
- е) штампування.

Очищення листового матеріалу здійснюється на зачисному верстаті з числовим програмним управлінням Urban SV-430, який оснащений двома осями, що забезпечує точне позиціонування та ефективну обробку поверхні. Зачищенню підлягають лише забруднені або частково забруднені листи.

Правлення листового матеріалу здійснюється на листопрямильній машині марки V-1321, яка забезпечує високоточне вирівнювання поверхні. У процесі правлення листи набувають правильної геометричної форми, що є необхідною умовою для подальших складальних і зварювальних операцій. Обробці підлягають лише ті листи, які зазнали деформацій унаслідок транспортування або неправильного зберігання.

Розмічування листового матеріалу здійснюється на спеціально обладнаній ділянці, де залежно від умов виробництва застосовуються ручні,

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

напівмеханізовані або механізовані методи. Основною метою цієї операції є точне перенесення розмірів, зазначених у кресленнях, на поверхню заготовки, що вимагає високої точності, оскільки будь-яке відхилення може призвести до утворення не виправних дефектів у конструкції. Розмічуванню підлягають листи розміром 6280×2000 мм, а також днища розміром 3140×3140 мм. У випадку, коли днище виготовляється зі зварювання двох частин, розмічування проводиться з урахуванням цієї особливості.

Операція різання виконується на гільйотинних ножицях марки Н-478, де заготовки подаються за допомогою спеціального пристрою під наглядом оператора.

Операція стругання передбачає обробку крайок листів, які ще не зазнали деформацій, з метою формування якісної зварної поверхні. Цей процес здійснюється на кромкостругальному верстаті марки 7808.

Операція штампування виконується з метою формування напівсферичної поверхні днища цистерни, що є важливим етапом у створенні герметичної та міцної конструкції. Зазвичай для досягнення необхідної пластичності металу перед штампуванням листи попередньо нагрівають, що дозволяє уникнути тріщин і забезпечити рівномірний вигин. Сам процес здійснюється на гідравлічному пресі марки П6328Б.

2.6.2 Складальні операції

Перед початком зварювальних робіт здійснюється візуальна перевірка деталей, щоб переконатися в їх відповідності вимогам креслень та технологічного процесу. Під час складання забезпечується точне взаємне розміщення елементів, яке має відповідати їх положенню в готовій конструкції. Для виконання складання застосовується складально-зварювальне пристосування, де деталі центруються, фіксуються та об'єднуються в єдину конструкцію. Обичайкам надається циліндрична форма за допомогою вальцювального верстата марки Zenitech RM 1.020-2, що

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

забезпечує рівномірне формування згідно з технічними вимогами. Після операції правлення готові обичайки стикують із днищами на спеціальному пристосуванні.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

На початковому етапі зварювальних робіт здійснюється прихоплювання виробів на спеціальних складальних стендах. Головним завданням цього етапу є точне встановлення виробу відповідно до креслень та технологічних вимог, а також забезпечення необхідного зазору між кромками.

Після завершення прихоплювання конструкції переходять до виконання основних зварювальних робіт, які мають вирішальне значення для формування надійного та герметичного з'єднання між деталями.

На початковому етапі зварювальних робіт першочергово виконуються зовнішні повздовжні шви обичайок. Для цього застосовується зварювальний автомат, що працює за технологією зварювання під флюсом, у поєднанні з порталною установкою. Аналогічним способом виконуються внутрішні повздовжні шви.

Після завершення повздовжніх швів переходять до виконання зовнішніх кільцевих швів, які також зварюються автоматом для зварювання під флюсом із використанням порталної установки. Особливістю процесу є те, що обертання виробу здійснюється за допомогою роликової опори.

На наступному етапі виготовлення цистерни здійснюється приварювання горловини, патрубків, а також монтажних і транспортувальних кріплень.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення основних зварювальних робіт переходять до опоряджувальних операцій, які включають зачищення зварних швів та

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

видалення металевих бризок з поверхні виробу. Для виконання опоряджувальних робіт застосовуються ручні та механічні методи зачищення.

Ручні методи використовуються для важкодоступних ділянок або при локальній обробці, з використанням шліфувальних машинок, щіток, скребків. Механічні методи забезпечують високу продуктивність і рівномірність обробки, виконуються на спеціалізованому обладнанні, що дозволяє швидко обробити великі площі. Цей етап є завершальним у формуванні зовнішнього вигляду виробу та підготовці його до контрольних операцій і подальшої експлуатації.

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні операції відіграють ключову роль у забезпеченні безперервності та ефективності основного технологічного процесу. Хоч вони не впливають безпосередньо на форму чи властивості виробу, їхнє виконання є необхідною умовою для якісного виготовлення цистерни.

Перед початком основного зварювального процесу обов'язково виконуються налагоджувальні роботи, які мають вирішальне значення для забезпечення стабільної якості шва з самого початку.

Під час виконання перевантажувальних і піднімально-транспортних операцій здійснюється встановлення деталей у складальні пристосування, переміщення заготовок між виробничими ділянками, а також транспортування готової продукції у складські приміщення.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють весь виробничий процес виготовлення зварної конструкції та включають перевірку вихідних зварювальних матеріалів, контроль самих матеріалів, оцінку якості заготівельних, складальних, опоряджувальних і зварювальних операцій, а також контроль зварних з'єднань і вже готової продукції.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контроль готової продукції здійснюється у два послідовні етапи: спочатку проводиться зовнішній огляд (візуальний контроль), під час якого виявляються дефекти на поверхні зварного шва, а далі виконуються випробування на герметичність виробу, що дозволяє виявити порушення герметичності швів, спричинені внутрішніми дефектами.

У певних випадках виникає потреба у проведенні додаткових досліджень для виявлення дефектів у структурі металу зварного шва. Для цього застосовують такі неруйнівні методи контролю, як ультразвукова дефектоскопія та радіографічний метод контролю.

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

Під час нормування витрат зварювальних матеріалів застосовують питомі показники, які дозволяють точно визначити обсяг необхідних ресурсів для виготовлення одного виробу. У процесах дугового зварювання такими показниками виступають витрати матеріалів, розраховані на один метр зварного шва, що дає змогу встановити обґрунтовані норми споживання матеріалів та електроенергії.

Розрахунок витрат зварювальних матеріалів при виготовленні циліндричної цистерни здійснюється на основі ДСТУ 3159-95 [11].

Витрати зварювального дроту для виконання зовнішніх швів визначаємо за формулою:

$$H_b = M \cdot k_b, \quad (2.10)$$

де M – маса наплавленого металу, кг;

k_b – коефіцієнт витрат матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів, $k_b = 1.10$.

Визначимо масу наплавленого металу за формулою:

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (2.11)$$

де F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, m^2 ;

ρ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$;

L – довжина всіх швів виробу, $м$.

Згідно креслень довжина всіх швів становить, $L=22,840 м$.

$$M = 106 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 22,840 = 18,88 \text{ кг};$$

$$H_b = 18,88 \cdot 1,1 = 20,77 \text{ кг}.$$

Знаючи те що довжина внутрішніх швів рівна довжині зовнішніх швів, та що площа поперечного перерізу шва становить $22 \cdot 10^{-6} m^2$, за формулою 2.10, 2.11 визначаємо витрати зварювального дроту для зварювання внутрішніх швів.

$$M_2 = 22 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 22,840 = 3,91 \text{ кг};$$

$$H_{b_2} = 3,91 \cdot 1,1 = 4,31 \text{ кг}.$$

Визначаємо витрату флюсу ОСЦ-45 для зварювання зовнішніх швів за формулою:

$$Q_\phi = H_b \cdot K_\phi, \quad (2.12)$$

де H_b – витрати зварювального дроту на зварювання шва, $кг$;

K_ϕ – коефіцієнт який враховує відношення маси витраченого дроту до маси витраченого флюсу, $K_\phi=1,7$;

$$Q_\phi = 20,77 \cdot 1,7 = 35,3 \text{ кг}.$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином визначимо витрати флюсу 48-ОФ-6 за формулою 2.12:

$$Q_{\phi_2} = 4,31 \cdot 1,7 = 7,33 \text{ кг.}$$

Визначаємо витрати електроенергії для кожного зварного шва за формулою:

$$Q_e = \frac{U_{\partial}}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (2.13)$$

де R_u – коефіцієнт роботи дуги, $R_u=0,2$;

n – коефіцієнт пропорційності, $n=0,75$;

U_{∂} – напруга на дузі (беремо з розрахунку розділу 2.3);

α_n – коефіцієнт наплавлення (беремо з розрахунку розділу 2.3);

$$Q_e = \frac{40}{10,22 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 26,14 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Витрати електроенергії для внутрішніх швів становить:

$$Q_e = \frac{32}{7,67 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 27,82 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Час зварювання для кожного шва розрахуємо за формулою:

$$t_o = \frac{H_b}{I_{зв} \cdot \alpha_n}, \quad (2.14)$$

$$t_o = \frac{20,77}{1000 \cdot 10,22} = 2,03 \text{ год} = 121,8 \text{ хв.}$$

$$t_{o2} = \frac{4,31}{230 \cdot 7,67} = 2,44 \text{ год} = 146,4 \text{ хв.}$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій важливим етапом є точне складання деталей виробу, що передбачає їх правильне взаємне розміщення та надійне закріплення перед початком зварювання. З цією метою в зварювальному виробництві застосовується спеціалізоване складальне устаткування.

Залежно від призначення, складальне устаткування поділяється на два типи: власне складальне та складально-зварювальне. На складальному устаткуванні процес складання завершується прихоплюванням деталей, що забезпечує їх фіксацію перед остаточним зварюванням. Складально-зварювальне устаткування, крім складання, дозволяє виконувати повне або часткове зварювання виробу, а за потреби – витримку після зварювання для зменшення деформацій. Зварювання може здійснюватися як після прихоплювання, так і без нього. Вибір типу устаткування визначається технологічним процесом, який залежить від конструкції виробу, його геометрії, розмірів, вимог до точності, типу виробництва, обсягу програми, наявності виробничих площ, завантаження робочих місць, способу зварювання та інших виробничих чинників.

Таким чином, основним призначенням складального устаткування у зварювальному виробництві є фіксація та закріплення зварюваних деталей.

Притискачі і затискачі повинні забезпечувати [12, с.92]:

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

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- можливість зручного встановлення деталей в пристосування, зручність при зварюванні вузла, а також можливість знімання виробу із пристосування після закінчення зварювання;
- зручний підхід до них для легкого приведення в дію (для ручних пристосувань);
- безпечність в роботі [12, с.92].

Притискачі, що застосовуються у складальних процесах, поділяються на ручні та механізовані. Механізовані моделі забезпечують значно більші притискні зусилля, сприяють зниженню трудомісткості операцій, підвищують рівень механізації та покращують умови праці. Ручні притискачі класифікуються за конструкцією на клинові, гвинтові, ексцентрикові та важільні. Механізовані притискачі, залежно від типу приводу, бувають пневматичними, гідравлічними, пневмо-гідравлічними, електромагнітними або з постійним магнітом. У деяких випадках притискачі об'єднують з упорами чи фіксаторами, утворюючи комплексні вузли. В універсальних складальних пристосуваннях установлювальні та затискні елементи, як правило, виконуються знімними та регульованими.

Найбільш поширеними є притискачі з пневмоприводом. Пневматичний привід має наступні переваги [12, с.102]:

- доступність, завдяки наявності на підприємствах мережі стиснутого повітря;
- порівняна простота конструкції;
- надійність в роботі;
- зручність у керуванні [12, с.102].

Процес зварювання цистерни здійснюється поетапно із застосуванням різноманітного спеціалізованого устаткування, що відповідає конкретним технологічним завданням на кожному етапі.

На початковому етапі виготовлення цистерни застосовується спеціальне складальне пристосування, яке забезпечує точне позиціонування та фіксацію

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

обичайок для подальшого зварювання. Оскільки технологія передбачає виконання одnobічного зварювання, внутрішні шви формуються за допомогою консолі, на якій встановлено зварювальну головку. Це дозволяє здійснити якісне зварювання з внутрішнього боку конструкції.

На другому етапі виготовлення цистерни здійснюється складання циліндричних частин за допомогою роликового стенда, на якому обичайки встановлюються, стикуються та зварюються на порталній установці, що виконує зовнішні кільцеві шви. Під час зварювання деталі утримуються та обертаються на роликовому стенді, конструкція якого забезпечує співпадіння центру ваги виробу з віссю обертання. Такі стенди призначені для роботи з виробами довжиною у кілька метрів і масою до 10 тонн. Відстань між роликоопорами у повздовжньому та поперечному напрямках, а також їх кількість визначаються параметрами виробу – його конструкцією, габаритами та вагою. Робоча швидкість обертання регулюється зміною кількості обертів двигуна постійного струму і може варіюватися в межах від 10 до 77 м/год, тоді як маршева швидкість становить 13 м/хв. Перемикання редуктора між режимами здійснюється електромагнітом з дистанційним керуванням. У випадках, коли необхідне формування флюсової подушки, роликоопора встановлюється на спеціальну підставку, що забезпечує достатній простір для її розміщення.

На третьому етапі здійснюється стикування днищ із циліндричною частиною цистерни, після чого виконується зварювання за допомогою того ж обладнання, що використовувалося на попередньому етапі.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Відповідно до технологічного процесу виготовлення виробу, першим етапом є розмічування та різання листового металу із застосуванням гільйотинних ножиць. Принцип роботи цього обладнання полягає в вертикальному русі одного з ножів, що створює значне зусилля та високу

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкість різання. Завдяки цьому листова сталь розрізається чисто й рівно, без утворення окалини, задирок, нерівностей або забруднень на лінії зрізу.

Обробка кромки виконується на кромкостругальному верстаті, де листи фіксуються притисками, а різець здійснює поперечний рух, забезпечуючи стругання. На цьому обладнанні формуються V-подібні фаски, необхідні для якісного зварювання. Обробка проводиться по всіх чотирьох сторонах листа, оскільки кожна з них у подальшому слугуватиме зварювальною кромкою для стикових, повздовжніх і кільцевих швів.

Формування обичайки цистерни з листового металу здійснюється на вальцювальних верстатах, де листи пропускаються між вальцями, попередньо налаштованими на створення циліндричної форми з діаметром 2000 мм.

Однією з початкових зварювальних операцій на цьому етапі є прихоплювання кромки стиків під час складання. Спершу здійснюється складання циліндричних обичайок на спеціальному складальному пристосуванні, яке забезпечує точне дотримання необхідного зазору між кромками та їхню паралельність. Це критично важливо для подальших етапів формування виробу.

На наступному етапі зварювання обичайки застосовується портална установка, призначена для виконання зовнішніх кільцевих швів.

На балконі порталної установки попередньо монтується та налагоджується зварювальний автомат А-1416. У проміжку між вертикальними стійками розміщується роликовий стенд, на якому встановлюється очищена та прихоплена обичайка. Зварювання здійснюється шляхом поступального руху зварювального автомата вздовж стику, що забезпечує рівномірне формування шва. Зовнішній шов виконується за один прохід із застосуванням мідної підкладки.

Зварювання внутрішнього шва виконується за допомогою зварювальної головки А-1423-У4, яка закріплена на рухомій консолі. Виріб при цьому встановлюється на роликовому стенді, що забезпечує його стійке положення

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

та можливість обертання. Сам процес зварювання здійснюється шляхом поступального переміщення консолі разом із зварювальною голівкою вздовж стику.

Стикування обичайки з днищем здійснюється на спеціалізованому складальному пристосуванні, призначеному саме для цього етапу. Його конструкція дозволяє заздалегідь встановити необхідний зазор між деталями, який зберігається стабільним протягом зварювання кількох стиків. Точність складання досягається завдяки центруванню обичайки та днища за допомогою центратора і попередньої розмітки.

Завершальне зварювання кільцевого шва виконується на роликовому стенді, де вже зібрані та центровані дві частини цистерни. Точність складання забезпечується попередніми технологічними операціями, а також ретельним центруванням елементів конструкції. Для дотримання необхідного зазору між кромками використовуються спеціальні вставки, які встановлюються на етапі складання і знімаються безпосередньо перед початком зварювання.

Установки для зварювання прямолінійних швів застосовуються переважно при виконанні довгих зварних з'єднань, а також у масовому та крупносерійному виробництві малогабаритних виробів, що мають кілька паралельних швів. Таке обладнання забезпечує високу продуктивність, стабільну якість швів і зниження трудомісткості процесу. Раніше зварювання коротких прямолінійних швів на середніх і великогабаритних конструкціях, а також при складному розташуванні швів на малогабаритних виробах, виконувалося вручну – за допомогою електродів або напівавтоматичних зварювальних апаратів.

Під час виконання прямолінійних швів зазвичай використовується нерухоме положення виробу, тоді як основний рух здійснює зварювальний апарат, який переміщується вздовж лінії шва. Усі допоміжні та коригувальні переміщення також виконуються автоматом, оскільки забезпечити рівномірне переміщення виробу разом із пристосуванням значно складніше, ніж

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщати сам зварювальний пристрій. Особливо це актуально при зварюванні листових конструкцій, де необхідно щільно притискати листи до підкладки або флюсової подушки – що набагато легше реалізувати на нерухомому виробі. Саме тому переміщення зварювального автомата стало широко поширеним у виробничих установках. Це пояснюється також тим, що промисловість активно випускає різноманітні самохідні зварювальні автомати, зокрема транспортного типу.

Попри широке застосування переміщення зварювального автомата відносно нерухомого виробу, такий підхід має низку технічних недоліків:

а) складність підведення комунікацій, забезпечення стабільного підключення живлення, подачі флюсу, захисного газу та інших необхідних систем до рухомого автомата ускладнюється через постійне переміщення обладнання;

б) необхідність супроводу зварником, оскільки зона зварювання постійно змінює своє положення, оператор змушений переміщатися разом із автоматом, що створює додаткові навантаження;

в) обмеження напрямку зварювання, процес виконується лише в одному напрямку, тому після завершення проходу автомат потребує холостого ходу для повернення у вихідне положення, що знижує загальну продуктивність процесу.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

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 цистерни циліндричної

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	6000x2000	ø2000
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
листовий прокат	кг	4350	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	20,77	
зварювальний дріт Св-08Х19Н10Б	кг	4,31	
флюс ОСЦ-45	кг	35,3	
флюс 48-ОФ-6	кг	7,33	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	140	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
листовий прокат:			
сталь 08Х18Н10Т	грн	244,0	240,0
сталь 16ГС	грн	154,25	150,42
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	143,37	139,31
зварювальний дріт Св-08Х19Н10Б	грн	457,68	455,67
флюс ОСЦ-45	грн	66,14	65,85
флюс 48-ОФ-6	грн	61,20	61,20
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	510	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення цистерни циліндричної

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна		Назва	Ціна		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Заготівельні операції	$\frac{3}{П}$	В. автомат Urban SV-430, лист. прав. машина V-1321, гільйот. ножиці Н-478, прес гідравл. П6328Б	900000	18	щітка лінійка молоток маркер	30 156 360 60	III	$\frac{14,4}{13,8}$
			1270000	22				
			225000	30				
			370000	22				
Розроблення кромки	$\frac{3}{П}$	Кромко-стругальний верстат 7808	680000	71			III	1,2
Складання і прихоплювання	$\frac{3}{П}$	Роликовий стенд, скл. зв. пристос.	520000	2			III	6,2
			190000	5,5				
Зварювання зовнішніх швів	3	Устан. портална для зв.	1132000	5,5			IV	8,32
Зварювання внутрішніх швів	3	Головка зв. консоль	1190500	5,5			IV	5,02
Зачищення швів від шлаку	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина	3600	0,72	зачисн. диск молоток щітка	34 360 30	II	2,84
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Устан. компресорна	220000		зблиз. скло	480	VI	3,52
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Мостовий кран	1350000	32			III	4,23

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 40,1;

по проекту 39,5;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 4,23;

по проекту 4,23.

Загальна штучна норма часу: по заводу 44,33;

по проекту 43,73.

Для виготовлення цистерни циліндричної застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [13, с.8]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,05) \approx 1920 \text{ год.}$$

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 [13, с.9]:

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

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
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, $K_{вн}=1,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 1200 шт.$

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні цистерни:

$$n = \frac{13,8 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 7,84 \approx 8 шт.$$

Для розроблення кромки кількість робочих місць рівна:

$$n = \frac{1,2 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 0,68 \approx 1 шт.$$

Для складання і прихоплювання необхідно:

$$n = \frac{6,2 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 3,52 \approx 4 шт.$$

Для зварювання внутрішніх швів кількість робочих рівна:

$$n = \frac{5,02 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 2,85 \approx 3 шт.$$

Для зварювання зовнішніх швів кількість робочих місць становить:

$$n = \frac{8,32 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 4,72 \approx 5 шт.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$n = \frac{2,84 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 1,61 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = \frac{3,52 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 2 \text{шт.}$$

Для транспортних операцій необхідно одиниць устаткування:

$$n = \frac{4,23 \cdot 1200}{1920 \cdot 1,1} = 2,4 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість засобів конвеєрного типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [13, с.13]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 1200 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

t_{kp} - тривалість одної операції, год;

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

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

$K_{kp} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{1200 \cdot 5 \cdot 0,20}{2100 \cdot 0,65} = 0,88 \approx 1 \text{шт.}$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [13, 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 $B_{np} = 1200 \text{ шт}$;

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

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

Необхідна кількість заготівельників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1200 \cdot 14,4}{1850 \cdot 1,2} = 7,78 \approx 8 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1200 \cdot 13,8}{1850 \cdot 1,2} = 7,4 \approx 7 \text{ чол.}$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість кромкувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1200 \cdot 1,2}{1850 \cdot 1,2} = 0,65 \approx 1 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1200 \cdot 6,2}{1850 \cdot 1,1} = 3,65 \approx 4 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників для зварювання зовнішніх і внутрішніх швів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1200 \cdot (8,32 + 5,02)}{1850 \cdot 1,2} = 7,21 \approx 7 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1200 \cdot 2,84}{1850 \cdot 1,2} = 1,54 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1200 \cdot 3,52}{1850 \cdot 1,2} = 1,9 \approx 2 \text{чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
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:				
заготівельники	8	7	III	III
кромкувальники	1	1	III	III
зварювальники	7	7	IV	IV
складальники	4	4	III	III
зачищувальники	2	2	II	II
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	2	2	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	2	2	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	2	2	—	—
Разом	35	34	—	—

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 прејскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн			
					на один виріб		на програму	
З/П	Сталь 16ГС	кг	154,25	150,42	575121,13	560840,97	690145350	673009164
З/П	Сталь 08Х18Н10Т	кг	244	240	151646	149160	181975200	178992000
З/П	Зв. дріт Св- 08Г2С	кг	143,37	139,31	2977,8	2893,47	3573353,88	3472162,44
З/П	З. д. Св- 08Х19Н10Б	кг	457,68	455,67	1972,6	1963,94	2367120,96	2356725,24
З/П	Флюс ОСЦ-45	кг	66,14	65,85	2334,74	2324,51	2801690,4	2789406
З/П	Флюс 48-ОФ-6	кг	61,2	61,2	448,6	448,6	538315,2	538315,2
Р- ом					734500,86	717631,48	881401030,4	861157772,9

В- нт	Транспортно- заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	% ц. куп	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
З/П	5	7,71	7,52	28756,06	28042,05	34507267,5	33650458,2	416,5	416,5	499800	499800
З/П	5	12,2	12	7582,3	7458	9098760	8949600	93,5	93,5	112200	112200
З/П	5	7,17	6,97	148,89	144,67	178667,69	173608,12				
З/П	5	22,88	22,78	98,63	98,2	118356,05	117836,26				
З/П	5	3,3	3,29	116,74	116,23	140084,52	139470,3				
З/П	5	3,06	3,06	22,43	22,43	26915,76	26915,76				
Р- ом		56,33	55,62	36725,04	35881,57	44070051,52	43057888,64	510	510	612000	612000

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

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ				Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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 [13, с.16]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [13, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [13, с.16]:

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

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 [13, с.17]:

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

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 заготівельників:

- заводський варіант:

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$З_{\text{оо}} = 0,8 \cdot 52,5 \cdot 14,4 = 604,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 604,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 211,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 604,8 \cdot 0,4 = 241,92 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 0,8 \cdot 52,5 \cdot 13,8 = 579,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 579,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 202,86 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 579,6 \cdot 0,4 = 231,84 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці кромкувальників:

$$З_{\text{оо}} = 8,5 \cdot 53,5 \cdot 1,2 = 545,7 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 545,7 \cdot (0,2 + 0,15) = 191 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 545,7 \cdot 0,4 = 218,28 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

$$З_{\text{оо}} = 2 \cdot 54,5 \cdot 6,2 = 675,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 675,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 236,53 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 675,8 \cdot 0,4 = 270,32 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварників для зварювання зовнішніх і внутрішніх швів:

$$З_{\text{оо}} = 1 \cdot 55,5 \cdot (8,32 + 5,02) = 740,37 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 740,37 \cdot (0,2 + 0,15) = 259,13 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 740,37 \cdot 0,4 = 296,15 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

$$З_{\text{оо}} = 4 \cdot 52,5 \cdot 2,84 = 596,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 596,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 208,74 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 596,4 \cdot 0,4 = 238,56 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 3,5 \cdot 56,5 \cdot 3,52 = 696,08 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 696,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 243,63 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 696,08 \cdot 0,4 = 278,43 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{оо}} = 2,8 \cdot 53,5 \cdot 4,23 = 633,65 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 633,65 \cdot (0,2 + 0,15) = 221,78 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 633,65 \cdot 0,4 = 253,46 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [13, с.16]:

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 56,5 \cdot 1850 = 209050 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 209050 \cdot 0,35 = 73167,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 209050 \cdot 0,4 = 83620 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 56,5 \cdot 1850 = 209050 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 209050 \cdot 0,35 = 73167,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 209050 \cdot 0,4 = 83620 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{\text{од}} = 2 \cdot 56,5 \cdot 1850 = 209050 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 209050 \cdot 0,35 = 73167,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 209050 \cdot 0,4 = 83620 \text{ грн}.$$

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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[13, с.17]:

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

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:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 14950 \cdot 12 = 179400 \text{ грн ;}$$

$$Z_{дп} = 179400 \cdot 0,35 = 62790 \text{ грн;}$$

$$Z_{пп} = 179400 \cdot 0,4 = 71760 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$Z_{оп} = 2 \cdot 12723 \cdot 12 = 305352 \text{ грн;}$$

$$Z_{до} = 305352 \cdot 0,35 = 106873,2 \text{ грн;}$$

$$Z_{по} = 305352 \cdot 0,4 = 122140,8 \text{ грн.}$$

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

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
заготівельники	1214438,4	1018357,2	425053,44	356425,02	485775,36	407342,88
кромкувальники	136970,7		47939,75		54788,28	
складальники	1187380,6		415583,21		474952,24	
зварювальники	743331,48		260166,02		297332,59	
зачищувальники	299392,8		104787,48		119757,12	
контролери	349432,16		122301,26		139772,86	
транспортувальники	318094,31		111333		127237,72	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	209050		73167,5		83620	
ремонтники	209050		73167,5		83620	
електрики	209050		73167,5		83620	
ІТР	179400		62790		71760	
МОП	305352		106873,2		122140,8	
Разом	5360942,45	5164861,25	1876329,86	1807701,44	3200683,88	3122251,4

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	3	П
Основні матеріали:		
сталь 16ГС	575121,13	560840,97
сталь 08X18H10T	151646	149160
зв. дріт Св-08Г2С	2977,8	2893,47
зв. дріт Св-08X19H10Б	1972,6	1963,94
флюс ОСЦ-45	2334,74	2324,51
флюс 48-ОФ-6	448,6	448,6
Поворотні відходи	510	
Паливо та енергія на технологічні цілі	354	338,5
Основна заробітна плата основних робітників	3540,87	3377,47
Додаткова заробітна плата основних робітників	1239,3	1182,11
Премії та надбавки основних робітників	1416,35	1350,99
Відрахування на соціальне страхування	86,75	82,75
Відрахування на медичне страхування	154,91	147,76
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	1411,09	1411,09
Цехові (дільничні) витрати	1090,69	1090,69
Всього цехова собівартість	744304,82	727122,84

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
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
заготівельне	5	4	2765000	2765000	138250	138250
кромкувальне	1	1	680000	680000	34000	34000
складально-зварювальне	2	2	710302	710302	35515,1	35515,1
зварювальне	4	4	2322500	2322500	116125	116125
слюсарне	2	2	3600	3600	180	180
контрольне	2	2	220000	220000	11000	11000
транспортне	2	2	1350000	1350000	67500	67500
Інструменти:						
молоток	14	13	360	360	18	18
щітка	6	6	30	30	1,5	1,5
лінійка	8	8	156	156	7,8	7,8
маркер	6	6	60	60	3,0	3,0
збільшувальне скло	2	2	480	480	24	24
Разом						

Продовження таблиці 4.7.

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	21000000	20985000	5	1050000	1049250
Устаткування: заготівельне кромкувальне складально-зварювальне зварювальне слюсарне контрольне транспортне					
	13963250	11198250	8,5	1186876,25	951851,25
	714000	714000	8,5	60690	60690
	1456119,1	1456119,1	23,5	342187,99	342187,99
	9406125	9406125	19,5	1834194,38	1834194,38
	7380	7380	8,5	627,3	627,3
	451000	451000	10,5	47355	47355
Інструменти: молоток щітка лінійка маркер збільшувальне скло	2767500	2767500	8,5	235237,5	235237,5
	5058	4698	18	429,93	399,33
	181,5	181,5		15,43	15,43
	1255,8	1255,8		106,74	106,74
	363	363		30,86	30,86
	984	984		83,64	83,64
Разом	49773216,4	46992856,4		4757835	4522029,41

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [13,с.26]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=827240,99$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн
($C_{nn}=806809,15$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт
($\Phi_{мз}=744304,82$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт
($\Phi_{mn}=727122,84$ грн/шт);

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

$E_\phi = ((827240,99 + 0,15 \cdot 744304,82) - (806809,15 + 0,15 \cdot 727122,84)) \cdot 1200 =$
 $=27610964,4$ грн.

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [13,с.27]:

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

де Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн
($\Phi_{ocn}=915018240$ грн);

Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн
($\Phi_{ocz}=938181168$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [13,с.26]:

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

$E_{yp} = 1200 \cdot (827240,99 - 806809,15) = 24518208$ грн;

$$T_{ок} = \frac{938181168 - 915018240}{24518208} = 0,95 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	1200	1200
Кількість технологічного устаткування	шт	18	17
Собівартість товарної продукції	грн	827240,99	806809,15
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	35	34
- основних робітників	чол	26	25
Фондомісткість продукції	грн/шт	744304,82	727122,84
Умовна річна економія	грн	-	24518208
Річний економічний ефект	грн	-	27610964,4
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,95
Місячний оклад основних робітників:			
- заготівельники	грн	22226,4	21300,3
- кромкувальники	грн	20054,48	20054,48
- складальники	грн	24835,65	24835,65
- зварювальники	грн	27208,6	27208,6
- зачищувальники	грн	21917,7	21917,7
- контролери	грн	25580,94	25580,94
- транспортувальники	грн	23286,79	23286,79

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Вибір систем і способів вентиляції

В процесі виконання зварювальних робіт утворюються аерозолі, які потрапляючи в організм зварника викликають негативну дію, а найбільше від цього страждає його дихальна система. Тому щоб швидко вловлювати аерозолі і видаляти їх з приміщення використовуються різні схеми системи вентиляції, які бувають: припливними (рис.5.1), витяжними (рис. 5.2) та припливно-витяжними (рис. 5.3) [14].



Рисунок 5.1 – Схема витяжної вентиляції



Рисунок 5.2 – Схема припливної вентиляції



Рисунок 5.3 – Схема припливно-витяжної вентиляції

Для захисту зварників від впливу шкідливих газових виділень, пилу та аерозолей необхідно дотримуватися таких заходів [15]:

1. Постійно знижувати дію на організм зварників і різальників шкідливих виділень та аерозолей; застосовувати місцеву й загальнообмінну вентиляцію; організовувати подачу в зону дихання чистого повітря, а також зменшувати кількість малотоксичних матеріалів і процесів (наприклад, використовувати електроди з покриттям рутилового типу, зварювання штучними електродами замінити на зварювання у вуглекислому газі або порошковим дротом і т. п.).

2. Уловлювати шкідливі для організму працівника речовини, що входять до складу зварювальних аерозолей, за допомогою фільтровентиляційних агрегатів (ФВА). При цьому спеціальні повітряноприймальні пристрої (сопла) встановлюються на віддалі 30–50 см від зварної дуги. При розташуванні відсмоктувального сопла діаметром 125–160 мм над зварною дугою для ефективного вловлювання потрібно з місця зварювання видаляти 600–1000 м² повітря за 1 год. У випадку бокового відсмоктування, що часто визначається конфігурацією зварної конструкції, для ефективного вловлювання такої кількості повітря недостатньо. Тому сопло слід максимально наблизити до зварної дуги, що не завжди можливо.

Для підвищення ефективності вловлювання зварювальних аерозолей розроблено оригінальну конструкцію пристрою з активною вихровою насадкою

для відомчого ФВА «Шміль-1500», продуктивність видалення повітря становить 1500–300 м³/год, радіус обслуговування не більше 3 м (рис.5.4) [16].



Рисунок 5.4 – Фільтровентиляційний агрегат «Шміль-1500»

3. Для видалення аерозолей всередині замкнутих ємкостей і в важкодоступних місцях застосовують переносний витяжний пристрій «Лань», який забезпечує об'єм видаленого повітря до 1200 м³/год (рис.5.5) [17].



Рисунок 5.5 – Переносний витяжний пристрій «Лань»

4. У зварювальному виробництві широко використовуються підйомно-поворотні витяжні пристрої «Ліана», «Грум», «Спрут». Їх конструкції дозволяють максимально наблизити повітроприймач до зварної дуги і тим самим забезпечити високу ефективність вловлювання зварювальних аерозолей (не менше 85%) (рис.5.6) [18].



Рисунок 5.6 – Підйомно-поворотний витяжний пристрій «Спрут»

5. При зварюванні та різанні на постійних місцях, у цехах виробів середніх розмірів рекомендується використовувати місцеву вентиляцію. При роботі на нефіксованих місцях і при великих розмірах виробів слід застосовувати місцеву вентиляцію з руховим відсмоктуванням (витяжні шафи, похиле панельно-щілинне відсмоктування та столи з нижнім підрешітчастим відсмоктуванням.

В Україні до 80% виявлених випадків захворювань зварників викликані дією зварювальних аерозолей на органи дихання. Пріоритетними напрямками програми захисту зварників від дії різних виробничих факторів є захист органів дихання.

За даними японського Інженерного товариства, вже всередині 80-х років ХХ ст. майже 85 виробничих компаній різних галузей промисловості вимагали від зварників застосування захисних масок і респіраторів.

Усім вимогам, які ставляться до респіраторів, відповідає респіратор «Сніжок», розроблений і виготовлений Фізико-хімічним інститутом захисту оточуючого середовища і людини Міністерства освіти і науки України та Національної Академії Наук України (Одеса) (рис. 5.7) [19].



Рисунок 5.7 – Респіратор «Сніжок»

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

За рахунок розташування на внутрішній поверхні фільтруючого корпусу відповідних протигазових фільтрів забезпечуються вловлювання фтористого водню, фторидів кремнію, інших кислих газів, розкладання озону, окиснення CO₂, адсорбція парів фарб і розчинників. Крім того, можна також адаптувати респіратор до різних зварювальних процесів. Температурний діапазон становить мінус 30°–плюс 50°C [1, с.469].

На підприємстві використовується сучасна зварювальна маска Speedglas 9100V (рис. 5.8) [20].



Рисунок 5.8 – Зварювальна маска Speedglas 9100V

Захищає очі та обличчя від випромінювання, високої температури та іскор, забезпечуючи високу точність робіт. Дизайн наголів'я в моделі 9100 знижує тиск на вразливі ділянки та надає можливість створювати різні комбінації налаштувань, щоб можна було відрегулювати маску під розміри та з метою забезпечення комфортного носіння й водночас підвищення стабільності маски [20].

Властивості та переваги зварювальної маски Speedglas 9100V [20]:

1. Вентиляційні отвори виводять з маски повітря, яке працівник видихає, знижуючи вірогідність запотівання зварювального фільтру;
2. Набір зварювальних фільтрів із високоякісною оптикою для тривалого комфорту очей. Виявлення дуги під час газовольфрамowego зварювання до 1 А;

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Бічні віконця: фільтри зі ступенем затемнення 5 для розширення зони огляду;

4. Відповідає вимогам механічної витривалості під дією високошвидкісних частинок у відповідності до класу «В» за стандартом EN 175.

Отже, наявність справних систем вентиляції є обов'язковою вимогою для правильного функціонування підприємства, якщо її не має або вона працює неправильно, то це в майбутньому бути мати негативний вплив на здоров'я працівників.

5.2 Аналіз вимог охорони праці та пожежної безпеки технологічного процесу виготовлення цистерни

Технологічний процес виготовлення цистерни повинен чітко виконуватись згідно правил охорони праці і пожежної безпеки. Для його виготовлення застосовується дугове зварювання під флюсом і в захисних газах, тому основні вимоги безпеки праці будуть стосуватися саме цих методів.

При дуговому зварюванні існує небезпека впливу на зварника різних шкідливих факторів, серед яких [21]:

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

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

- пожежі від розплавленого металу і шлаку в процесі зварювання;
- травми різного роду механічного характеру при підготовці важких виробів до зварювання і в процесі зварювання.

Для запобігання небезпеки ураження бризками розплавленого металу і шлаку використовують спецодяг (штани, куртку і рукавиці) з брезентової або спеціальної тканини. Куртки при роботі не слід вправляти у штани, а взуття повинне мати гладкий верх, щоб бризки розплавленого металу не потрапляли всередину одягу, так як в цьому випадку можливі важкі опіки.

Небезпека виникнення пожеж від розплавленого металу і шлаку існує в тих випадках, коли зварювання виконують по металу, що закриває дерево або горючі матеріали, на дерев'яних риштуваннях, поблизу легкозаймистих матеріалів тощо [21].

Існуюче законодавство з питань охорони праці зварників, як і інших робітників, передбачає комплекс правових, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, направлення на забезпечення здорових і безпечних умов праці [1, с. 473].

Відповідальність за організацію та стан охорони праці й техніки безпеки покладено на адміністративно-технічний персонал виробничих підрозділів підприємств, які проводять зварювальні роботи. За охорону праці відповідають начальники виробництва, майстри, фахівці з охорони праці.

За дотриманням санітарних норм праці слідує Державна санітарна інспекція; за нормами пожежної охорони – Державна інспекція пожежної охорони.

Згідно з діючими положеннями, до зварювальних робіт усіх видів допускаються особи віком 18 років і старші [1, с. 473].

Зварювання можуть виконувати робітники, які пройшли спеціальне навчання. Додатково перевіряють знання правил охорони праці; результати вказаної перевірки записують в журналі встановленої форми.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Повторний інструктаж проводить керівник робіт, майстер щоквартально і перед кожною новою роботою.

Для робітників, зайнятих зварюванням, законодавством передбачено додаткові відпустки різних термінів залежно від конкретно виконаної роботи.

Зварникам згідно із законодавством безкоштовно видають спецодяг, спецвзуття та запобіжні пристрої.

До зварювання на висоті допускаються робітники, які пройшли додатковий медогляд і мають посвідчення про вивчення спеціальних методів верхолазних робіт.

Жінки для проведення зварювальних робіт на висоті і в замкнутих просторах не допускаються.

Зварники, які працюють у замкнутих просторах або зайняті зварюванням кольорових металів, повинні кожного року проходити медичний огляд з обов'язковою рентгенографією грудної клітки і відповідними лабораторними дослідженнями.

Кожний зварник повинен володіти спеціальними знаннями та неухильно виконувати існуючі вимоги щодо безпечного виконання робіт, а також дотримування норм і умов пожежної безпеки [1, с. 474].

Таким чином, при виготовленні цистерни, повинні виконуватися всі вищезгадані вимоги, щоб забезпечити безпечність виконання зварювальних робіт без їх стороннього шкідливого впливу на працівників підприємства.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз чинної технології зварювання циліндричної цистерни, виготовленої з двошарової сталі, а також обладнання, що застосовується у процесі її виробництва. У результаті дослідження виявлено низку недоліків, які стримують підвищення продуктивності та не дозволяють досягти необхідного рівня якості готової продукції.

На основі проведеного аналізу запропоновано модернізацію технології зварювання виробу, що дозволяє суттєво підвищити якість зварних з'єднань і збільшити продуктивність виробничого процесу.

Для впровадження вдосконаленої технології зварювання передбачено застосування нового високоефективного обладнання, а також модернізацію наявних технічних засобів.

З метою обґрунтування доцільності впровадження розробленого технологічного процесу та вибору відповідного обладнання проведено економічні розрахунки.

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Марки сталей. Довідник: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/?srsId=AfmBOorG-MW0z3Ikawj6VjQUd-yCU9I1zkYFfneemeyng7n1_e9hHpcg (дата звернення: 21.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Квасницький В.В. Спеціальні способи зварювання. Миколаїв: УДМТУ, 2003. 437 с.
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 24.05.2026).
6. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 24.05.2026).
7. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
8. Напівавтомат зварювальний ПДГ-351. ПДГ-351 інструкції: веб-сайт. URL: <http://skachattoy.zyro.com/pdg-351-instruktsiya.html> (дата звернення: 24.05.2026).
9. Зварювальний пальник ABIMIG 305 LW Abicor Binzel. ABIMIG 305 LW Abicor Binzel технічні характеристики: веб-сайт. URL:

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

<http://svarka.kr.ua/svarochnoe-oborudovanie/gorelki-mig-mag-dlya-poluavtomatov/gazovoe-ohlazhdenie/seriya-abimig/svarochnaya-gorelka-abimig-305-lw-abicor-binzl> (дата звернення: 24.05.2026).

10. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-yakosti-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 25.05.2026).

11. 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).

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

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

14. Класифікація систем вентиляції. Кліматичне обладнання: веб-сайт. URL: <https://comfortsellers.com.ua/klasyfikacia-system-ventylyatsiyi/> (дата звернення: 10.06.2026).

15. Захист органів дихання під час зварювальних робіт. Охорона праці і пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/articles/zahyst-organiv-dyhannya-pid-chas-zvaryuvalnyh-robit> (дата звернення: 10.06.2026).

16. ФВА «Шміль-1500». Сучасні засоби захисту зварників: веб-сайт. URL: <https://msd.com.ua/sovremennye-sredstva-zashhity-svarshhikov-ventilyacionnoe-oborudovanie-vypuskaemoe-v-unraine/> (дата звернення: 10.06.2026).

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

17. Переносний витяжний пристрій «Лань». Витяжні пристрої та системи: веб-сайт. URL: <https://forsage-svarka.com.ua/ua/p1114149639-povorotno-vytyazhnoe-ustrojstvo.html> (дата звернення: 10.06.2026).

18. Підйомно-поворотний витяжний пристрій «Спрут». Витяжні пристрої: веб-сайт. URL: <https://target-group.com.ua/promyshlennaya-mebel/montazhnye-stoly/1589-vytyazhnoe-ustroystvo.html> (дата звернення: 10.06.2026).

19. Респіратор «Сніжок». Засоби захисту органів дихання: веб-сайт. URL: https://profisiz.org.ua/p1781955259-respirator-u2k-vysshiy.html?source=merchant_center&gad_source=1wCB (дата звернення: 10.06.2026).

20. Зварювальна маска Speedglas 9100V. Засоби індивідуального захисту: веб-сайт. URL: <https://eweld.com.ua/ua/sredstva-individualnoj-zashchity/svarochnaya-mask-a-speedglas-9100v-589-13> (дата звернення: 10.06.2026).

21. Головні правила безпеки зварювальних робіт. Охорона праці і пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://oppb.com.ua/news/golovni-pravyla-bezpeky-zvaryuvalnyh-robit> (дата звернення: 11.06.2026).

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

ДОДАТКИ

					КР.422.27.00.00.000.ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		