

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

**Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"**

**Бендак Назарій Васильович**

\_\_\_\_\_  
*(підпис)*

**Група ЗТ-21-1**

**Розроблення технології складання та зварювання корпусу залізничної цистерни**

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**за освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів  
“Інжиніринг зварювальних технологій”  
спеціальності 131 “Прикладна механіка”**

<b>Керівник:</b> <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Біщак Р.Т.</i></u> _____ <i>підпис</i>	<b>Завідувач кафедри будівництва:</b> <u><i>к.т.н., доц.</i></u> <u><i>Андрусак А.В.</i></u> _____ <i>підпис</i>
---	---

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАФТИ І ГАЗУ

Інститут архітектури та будівництва Кафедра будівництва  
"ІФНТУНГ-ДонНАБА"

ОПП "Інжиніринг зварювальних технологій"

Спеціальність 131 "Прикладна механіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри БУД  
А.В. Андрусак  
(ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2025 р.

### ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу бакалавра  
студента Бендака Назарія Васильовича

1. Тема роботи Розроблення технології складання та зварювання корпусу залізничної цистерни.

Затверджена наказом по університету № 283/7 від "07" 05. 2025 р.

2. Термін здачі закінченої роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи

Технічні умови на виготовлення корпусу залізничної цистерни, креслення виробу, умови експлуатації цистерни, матеріал виробу сталь 09Г2С.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити 1 Загальний розділ. 1.1 Загальна характеристика зварної конструкції корпусу корпусу залізничної цистерни, та її елементів. 1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу. 1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності. 1.4. Технічні вимоги на виготовлення. 1.5 Особливості базової технології виготовлення корпусу цистерни. 2 Технологічний розділ. 2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування. 2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання. 2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів. 2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання. 2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування. 2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції. 2.2.1 Заготівельні операції. 2.2.2 Розробка технології складання та зварювання. 2.2.3 Технічний контроль якості та виправлення браку. 3. Конструкторський розділ. 3.1 Компонування складальних та зварювальних установок. 3.2 Розробка плану цеху.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення залізничної цистерни. 2. Схема технологічного процесу виготовлення залізничної цистерни. 3. Стенд для збирання та зварювання листів циліндричної частини цистерни. 4. Стенд для зварювання замикаючого стика. 5. Стенд для збирання обичайки з днищами. 6. Стенд для зварювання кільцевих зварних швів. 7. План ділянки цеху.

6. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_ Біщак Р.Т.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Бендак Н.В.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

<b>Пор. №</b>	<b>Найменування роботи</b>	<b>Термін виконання</b>	<b>Фактичне виконання</b>
1.	Вибір теми, її затвердження		
2.	Ознайомлення з рекомендованою літературою		
3.	Загальний розділ		
4.	Технологічний розділ		
5.	Конструкторський розділ		
6.	Безпека праці		
7.	Виконання розрахунково-графічної частини, додатків та ілюстрацій до роботи		
8.	Ознайомлення керівника з чорновим варіантом роботи		
9.	Оформлення роботи		
10.	Представлення роботи на кафедрі		
11.	Направлення на рецензування		

Студент \_\_\_\_\_ Бендак Н.В.

Керівник \_\_\_\_\_ Біщак Р.Т.

## РЕФЕРАТ

Робота бакалавра складається із 10 слайдів презентації, пояснювальної записки із 62 аркушів, 16 рисунків, 12 таблиць та 17 посилань на використану літературу.

Об'єкт роботи - технологічний процес виготовлення корпусу залізничної цистерни.

Мета роботи – розроблення технології складання та зварювання, вибір оптимального зварювального обладнання, зварювальних матеріалів для виготовлення корпусу залізничної цистерни.

У роботі бакалавра розроблено технологічний процес складання та зварювання корпусу залізничної цистерни. На основі базового технологічного процесу виготовлення цистерни і особливостей конструкції виробу в роботі запропонований принципово новий технологічний процес складання і зварювання, основою якого є автоматичне зварювання під шаром флюсу АН-348 із застосуванням зварювального автомату типу А-384.

**Ключові слова:** ЗВАРЮВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ДРІТ, ЗВАРНЕ З'ЄДНАННЯ, СТЕНД, ОБИЧАЙКА, КОРПУС.

## **ABSTRACT**

The bachelor's work consists of 10 presentation slides, an explanatory note of 62 sheets, 16 figures, 12 tables and 17 references to the literature used.

The object of the study is the technological process of manufacturing a railway tank body.

The purpose of the work is to improve the manufacturing technology, select the optimal welding equipment, welding materials in the manufacture of a railway tank body.

The bachelor's work developed a technological process for assembling and welding a railway tank body. Based on the basic technological process of manufacturing a tank and the features of the product design, the work proposes a fundamentally new technological process for assembling and welding, the basis of which is automatic welding under a layer of flux AN-348 using an automatic welding machine of the type A-384.

**Keywords:** WELDING, WELDING WIRE, WELDING JOINT, STAND, CUSHION, BODY.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальний розділ.....	8
1.1 Загальна характеристика конструкції корпусу залізничної цистерни..	8
1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу.....	9
1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності.....	10
1.4 Технічні умови на виготовлення виробу.....	12
1.4.1 Вимоги до підготовки кромки зварних з'єднань під зварювання.....	14
1.4.2 Вимоги до складання та прихоплення.....	15
1.4.3 Вимоги до зварювальних матеріалів.....	16
1.4.4 Вимоги до оформлення документації.....	19
1.4.5 Вимоги до контролю зварних з'єднань.....	19
1.5 Особливості базової технології виготовлення корпусу цистерни.....	21
2 Технологічний розділ.....	23
2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування.....	23
2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання.....	23
2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів.....	24
2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання.....	25
2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування.....	30
2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення конструкції корпусу залізничної цистерни .....	37

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ					
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розроблення технології складання та зварювання корпусу залізничної цистерни			<i>Лім.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Бендак Н.В.							4	62	
<i>Перевір.</i>	Біщак Р.Т.									
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. контр.</i>	Матвієнків О.							ІФНТУНГ ЗТ-21-1		
<i>Затверд.</i>	Андрусак А.В.									

2.2.1	Заготівельні операції.....	37
2.2.2	Розробка технології складання та зварювання.....	42
2.2.3	Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями.....	43
2.2.4	Технічний контроль якості та виправлення браку.....	44
3	Конструкторський розділ.....	48
3.1	Компонування складальних та зварювальних установок.....	48
3.2	Розрахунок елементів складально-зварювальних пристроїв	
3.3	Розробка плану цеху.....	51
4	Безпека праці.....	55
4.1	Аналіз виявлених небезпечних факторів виробничого середовища .....	55
4.2	Розробка методів захисту від шкідливих та небезпечних факторів.....	57
4.3	Захист у надзвичайних ситуаціях.....	58
	Висновки.....	59
	Список використаних джерел.....	60
	Додатки.....	62

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		5

## ВСТУП

Зварюванням є процес створення нероз'ємних з'єднань, в основі якого лежить встановлення надійних міжатомних зв'язків на кромках деталей, що зварюються за рахунок їх нагрівання або застосування пластичного деформування, а також комбінуванні того й іншого методу. Так як зварювання, досить простий спосіб з'єднання деталей, зварювання набуло широкого поширення. [1]

Технологічний процес зварювання досить економічний, має високу продуктивність, завдяки цьому зварювання широко використовується у всіх галузях машинобудування, будівництва, науки та техніки. Зварювання застосовується для з'єднання різнорідних та однорідних матеріалів, наприклад: метали та неметали – від кількох мікрон у мікросхемах до кількох метрів (важке машинобудування). Зварювання застосовується майже у всіх галузях промисловості. За допомогою зварювання виготовляють з'єднання деталей космічних кораблів, корпусів підводних човнів, лопатей турбін та літаків, корпусів приладів та мікросхем. Зварювання дозволяє створити рівномірне з'єднання основному металу.

Зварні конструкції, виконані із застосуванням зварювання, надійно працюють за наявності знакозмінних і динамічних навантажень, а також при впливі високих температур і тиску.

На даний момент зварювальне виробництво – це самостійна галузь машинобудівної промисловості та для його подальшого розвитку необхідно здійснити вирішення цілої низки питань, таких як розробка нового зварювального обладнання (машин, апаратів) та матеріалів. [2]

З розвитком техніки виникає потреба у зварюванні деталей різнорідної товщини та з різних матеріалів. Цим обумовлено постійно розширюється

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		6

перелік застосовуваних видів та способів зварювання. На даний момент існують технології, що дозволяють зварювати деталі завтовшки від кількох мікрметрів (у мікроелектроніці) до десятків міліметрів і навіть метрів (у важкому машинобудуванні). Крім конструкційних, вуглецевих та низьколегованих сталей все частіше виникає необхідність зварювати спеціальні сталі, легкі сплави, сплави на основі титану та інших металів, а також різномірні метали та сплави.

Таким чином, актуальною є мета випускної кваліфікаційної роботи бакалавра – розроблення технології складання та зварювання корпусу залізничної цистерни.

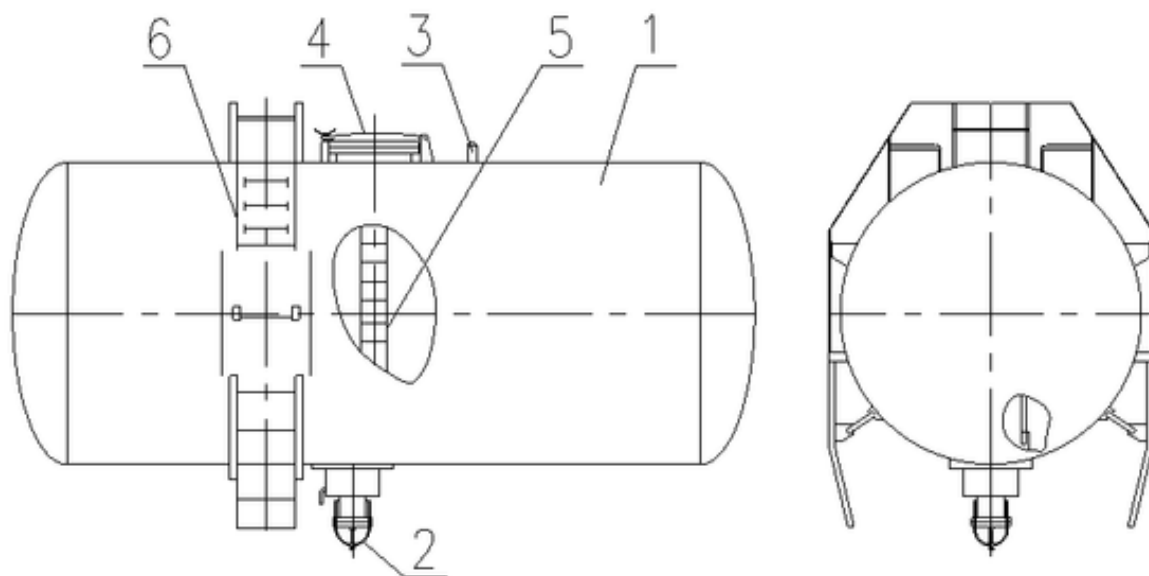
В результаті виконання даної роботи слід отримати виробництво з найбільшим ступенем механізації та автоматизації, що підвищує продуктивність праці, якість зварного виробу та покращення умов праці.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		7

## 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Загальна характеристика конструкції корпусу залізничної цистерни

Цистерна – це цільнозварна конструкція з елементів листового та фасонного прокату, яка виготовлена із сталі марки 09Г2С. Залізнична цистерна виготовлена з таких складальних частин: корпусу; зливного пристрою; 3-запобіжно-впускного клапану; люка; внутрішньої драбини; зовнішньої драбини та поручней (рис.1.1).



1-корпус; 2-зливний пристрій; 3-запобіжно-впускний клапан;  
4-люк; 5-внутрішня драбина; 6- зовнішня драбина, поручні

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд залізничної цистерни

Виріб, що виготовляється – залізнична цистерна, що працює при внутрішньому тиску менше  $0,7 \text{ кгс/см}^2$ , призначена для перевезення рідких вантажів наливним способом. Вантажні цистерни мають різну конструкцію і матеріал, що залежить від виду вантажу, який перевозиться, і його властивостей. Цистерни зазвичай виготовляють звареними з листової сталі. При цьому

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		8

цистерни маловуглецевої сталі можуть мати внутрішнє протикорозійне покриття з емалі, свинцю, цинку, пластмаси, епоксидних смол та інших матеріалів. [1]

Горизонтальне розташування цистерн використовують для транспортування рідких та газоподібних вантажів.

Горизонтальні цистерни зазвичай мають круглий переріз. Цистерни для перевезення рідких вантажів зазвичай всередині розгороджуються рядом спеціальних перегородок з метою зменшення ударів рідини об стінки та днища цистерни під час руху. Цистерни для перевезення горючих рідин обладнуються протипожежними пристроями, заливні горловини забезпечуються полум'ягасильними пристроями, дихальними клапанами тощо. Конструкція цистерни представлена на рисунку 1.1. [1]

## 1.2 Характеристика технологічності зварної конструкції виробу

Конструкція резервуару повинна бути технологічною, придатною до експлуатації на протязі тривалого часу встановленого в технічній документації, забезпечувати безпеку за умов виготовлення, монтажу та експлуатації, передбачати можливість огляду (у тому числі внутрішньої поверхні), очищення, промивання, ремонту, контролю технічного стану резервуару при діагностуванні, а також контролю за відсутністю тиску і відбору зразків перед відкриванням резервуару. [2]

Якщо конструкція посудини не дозволяє при технічній сертифікації проведення огляду (зовнішнього або внутрішнього), гідравлічного випробування, то розробник резервуару повинен в технічній документації вказати методика, періодичність і ділянки контролю резервуару, що забезпечить виявлення і усунення дефектів. [3]

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		9

### 1.3 Аналіз матеріалів зварної конструкції та визначення їх зварюваності

Сталь марки 09Г2С випускається згідно з ГОСТ 5632-72. Застосовується сталь 09Г2С при виготовленні виробів, які можна експлуатувати в умовах транспортування нафтопродуктів – наприклад, резервуарів та зварних агрегатів [4].

Хімічний склад та механічні властивості сталі представлені в таблиці 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С у % (ГОСТ 5632-72) [4]

Матеріал	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %
09Г2С	≤0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	≤0,3	≤0,3	≤0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 09Г2С (ГОСТ 7350-77) [4]

Матеріал	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
09Г2С	350	500	21	50

Основні добавки сталі значно впливають на її властивості. Марганець дозволяє виготовляти сталь із дрібнозернистою структурою. Кремній збільшує щільність та покращує ступінь плинності. У той же час він знижує рівень пластичності, що ускладнює прокатування холодним способом. Вміст фосфору має перевищувати 0,035 %, оскільки він провокує зниження механічних властивостей [4].

Зварюваність – властивість металів або поєднання металів утворювати за встановленої технології зварювання нероз'ємне з'єднання, що відповідає вимогам, зумовлених конструкцією та експлуатацією виробу. У зварювальній практиці існують такі поняття, як фізична та технологічна зварюваність.

Зварюваність оцінюється ступенем відповідності властивостей зварного з'єднання тим самим властивостям основного матеріалу та його схильністю до утворення дефектів. Матеріали поділяються на добре, задовільно, погано та обмежено зварювані. [5].

До понять зварюваності належать поняття фізична та технологічна зварюваність. Фізична зварюваність - передбачає можливість отримання монолітних зварних з'єднань з хімічним зв'язком. Таку зварюваність мають практично всі технічні сплави і чисті метали, а також ряд поєднань металів з неметалами.

Технологічна зварюваність - це характеристика металу, що визначає його реакцію на вплив зварювання та здатність утворювати зварне з'єднання із заданими експлуатаційними властивостями. У цьому разі зварюваність розглядається як ступінь відповідності властивостей зварних з'єднань властивостям основного металу або їх нормативним значенням. [6].

Зварюваність сталей визначається за схильністю до утворення тріщин та механічних властивостей шва, по ній сталі поділяються на чотири групи:

- добра зварюваність; зварювання виконується без підігріву до, під час, в процесі зварювання та після;
- задовільна зварюваність; для запобігання тріщин потрібен попередній підігрів, після зварювання потрібна термообробка;
- обмежена зварюваність; сталь схильна до утворення тріщин, її попередньо піддають термообробці, термічно обробляється після зварювання;
- погана зварюваність, схильність до утворення тріщин. Зварювання проводиться з попередньою термообробкою, проводиться підігрів до та після зварювання. [7].

Зварюваність сталі 09Г2С оцінювали за еквівалентом вуглецю:

$$C_e = C\% + \frac{Mn}{6}\% + \frac{Si}{24}\% + \frac{Ni}{10}\% + \frac{Cr}{5}\% + \frac{Mo}{4}\% + \frac{Cu}{15}\% + \frac{V}{14}\% + 5B\%, [5] \quad (2.1)$$

$$C_e = 0,12\% + \frac{1,7}{6}\% + \frac{0,8}{24}\% + \frac{0,3}{10}\% + \frac{0,3}{5}\% + \frac{0,3}{15}\% = 0,54\%$$

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		11

Враховуючи, те що в розрахункову формулу обралися максимальні значення хімічних елементів, а також досвід зварювального виробництва, вважаємо, що сталь 09Г2С зварюється добре, та не потребує додаткових технологічних заходів.

#### **1.4 Технічні вимоги на виготовлення виробу**

Конструкція цистерни повинна бути технологічною, надійною протягом встановленого в технічній документації терміну служби, забезпечувати безпеку при виготовленні, монтажі та експлуатації, передбачати можливість огляду (у тому числі внутрішньої поверхні), очищення, промивання, продування та ремонту, контролю технічного стану посудини при діагностуванні та контролю за відсутністю. [8]

Якщо конструкція посудини не дозволяє при технічному огляді проведення (зовнішнього чи внутрішнього) огляду, гідравлічного випробування, то розробник посудини повинен у технічній документації на посудину вказати методикау, періодичність та обсяг контролю посудини, виконання яких забезпечить своєчасне виявлення та усунення дефектів.

В залежності від розрахункового тиску, температури та робочого середовища посудини поділяють на групи. Групу посудини визначає розробник, але не нижче, ніж зазначено в таблиці 1.3 [8].

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.3 – Групи резервуарів [8]

Група	Розрахунковий тиск, МПа (кгс/см)	Товщина стінки, °С	Рабоче середовище
1	2	3	4
1	Більше 0,07 (0,7)	Не залежить	Вибухонебезпечна, пожежонебезпечна або 1-го, 2-го класів небезпеки за ГОСТ12.1.007
2	Більше 0,07 (0,7) до 2,5 (25)	Більше +400	Будь-яка, за винятком зазначеної для 1-ї групи посудин
3	Більше 2,5 (25) до 5,0 (50)	Більше +200	
4	Більше 5,0 (50)	Не залежить	
5	Більше 4,0 (40) до 5,0 (50)	Менше -40	
6	Більше 0,07 (0,7) до 1,6 (16)	Менше -20 Більше +200 до +400	
7	Більше 1,6 (16) до 2,5 (25)	До +400	
8	Більше 2,5 (25) до 4,0 (40)	До +200	
9	Більше 4,0 (40) до 5,0 (50)	Від -40 до +200	
10	Більше 0,07 (0,7) до 1,6 (16)	Від -20 до +200	
11	До 0,07 (0,7)	Не залежить	Вибухонебезпечна, пожежонебезпечна або 1-го, 2-го, 3-го класів небезпеки за ГОСТ 12.1.007
12	До 0,07 (0,7)	Не залежить	Вибухобезпечна, пожежобезпечна або 4-го класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		13

### 1.4.1 Вимоги до підготовки кромок зварних з'єднань під зварювання

Підготовка кромок та складання з'єднань під зварювання повинні проводитись за робочими кресленнями та технологічним процесом, розробленим заводом-виробником відповідно до вимог державних та галузевих стандартів [9], а також іншою нормативною документацією зі стандартизації, затвердженою в установленому порядку.

Розроблення кромок під зварювання виконують механічним способом або термічним різанням. Переваги того чи іншого методу в кожному конкретному випадку залежать від марки матеріалу, форми та розмірів заготовки, а також обладнання. [1]

Припуск на механічну обробку або шліфування після термічного різання або різання на ножицях та іншими подібними способами повинен бути достатнім для повного видалення всіх нерівностей та відхилень геометричної форми та неприпустимих структурних змін, що виникають в металі.

Кромки та прилеглі до них поверхні повинні бути зачищені з двох сторін на ширину не менше ніж 20 мм. Зачищення слід проводити до повного видалення іржі, грату та бризок після термічного різання, фарби, масел та інших забруднень.

Зачищення кромок виконують механічним способом (сталевою щіткою з нержавіючої сталі, абразивним кругом та ін.).

Знежирення кромок, що зварюються, виконують ацетоном та іншими розчинниками, протирочним матеріалом з бавовняної тканини, що не залишає ворсу. [9]

Знежирення розчинниками є обов'язковим для випадків, обумовлених цим стандартом та іншою нормативною документацією щодо стандартизації.

На вуглецевих і низьколегованих сталях допускається видалення мастил газополум'яними пальниками (без застосування розчинників), причому ширина газополум'яної обробки повинна бути не менше 100 мм.

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		14

З метою запобігання корозії або повторному забрудненню необхідно, щоб зачищення кромки, що зварюються, складання та зварювання проводилося без значних інтервалів у часі. [1]

При виявленні корозії чи забруднення кромки зібраного виробу необхідно провести повторне зачищення.

Шорсткість поверхні приймається відповідно до спеціальних вимог, наведених у розділах по зварюванню цього стандарту, а у разі відсутності в них необхідних вказівок параметр шорсткості повинен бути не більшим за Rz 40 ГОСТ 2789 [9].

#### **1.4.2 Вимоги до складання та прихоплень**

Складання елементів, що зварюються, слід проводити відповідно до технологічного процесу на стелажах і складальних стендах за допомогою пристосувань, застосування яких забезпечує необхідне взаємне розташування деталей і обмежує примусове припасування, що викликає місцевий наклеп і додаткові напруження. [1]

Закріплення деталей при складанні конструкцій виконують прихватками, дротом відповідної марки, призначеної для зварювання даного металу.

Перед прихопленням необхідно перевірити правильність встановленого зазору між кромками, зміщення кромки і плавність переходу при різній товщині листів, що зварюються відповідно до вимог стандартів і креслень. [10]

Довжина прихватки повинна становити (2-5)S, але не більше 100 мм, а відстань між ними (10-40) S, але не більше 500 мм, де S - товщина матеріалу, що зварюється.

Для різнотовщинних і різнорідних матеріалів довжина прихватки повинна становити (1-5)S, але не більше 50 мм, а відстань між ними (5-20)S, але не більше 250 мм, де S - найменша товщина металу, що зварюється. [10]

У випадку, якщо зібрані на прихватках деталі підлягають транспортуванню до зварювання, їх кількість, розташування та розміри повинні бути розраховані на навантаження транспорту, в тому числі від власної ваги.

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		15

Прихватки рекомендується розташовувати зі сторони, протилежної до виконання першого проходу. Постановка прихваток на перетині швів не допускається.

Прихватки повинні бути ретельно очищені від шлаку, перевірена відсутність дефектів зовнішнім оглядом. Ділянки, що мають дефекти, перед зварюванням необхідно видалити у спосіб, що допускається для даного матеріалу. [10]

Для запобігання зміщенню кромки у процесі зварювання та відповідної зміни зазору при постійній його величині рекомендується використовувати монтажні пластини (розплавлювані) або монтажні вставки (які видаляються). Розплавлювані пластини встановлюють переважно на прямолінійних стиках, вставки, що видаляються - на кільцевих.

При складанні і прихопленні в першу чергу рекомендується в зазор між кромками, що зварюються, вварювати монтажні пластини або вставки врівень з поверхнею елементів, що зварюються [9].

### **1.4.3 Вимоги до зварювальних матеріалів**

Зварювальні матеріали (зварювальний дріт, захисні гази), що застосовуються, повинні відповідати вимогам технічних умов або стандартів на їх постачання, що повинно бути підтверджено сертифікатом.

Зварювальні матеріали, що надходять на підприємства, до запуску у виробництво повинні бути прийняті відділом технічного контролю. [1]

При прийманні зварювального дроту перевіряється: 1) наявність сертифікатів на поставлений дріт та відповідність його даних вимогам ГОСТ 2246 або технічних умов;

2) наявність бірок на мотках та відповідність їх даних сертифікатам;

3) стан поверхні дроту та його відповідність ГОСТ 2246 або технічним умовам. [5]

У разі невідповідності даних сертифікату даним бірки або відсутності сертифікату завод-споживач повинен провести аналіз хімічного складу

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		16

зварювального дроту, а за необхідності – випробування наплавленого металу чи металу шва відповідно до вимог ГОСТ 2246 чи технічних умов.

Під час приймання захисного газу перевіряється:

- наявність сертифікату на поставлений захисний газ;
- наявність ярликів на балонах та відповідність їх даних сертифікатам;
- чистота захисного газу за сертифікатами. [6]

Перед використанням кожного нового балону проводиться пробне наплавлення валика довжиною 100-200 мм на пластину з подальшим візуальним контролем на відсутність недопустимих дефектів або на «технологічну пляму» шляхом розплавлення плями діаметром 15-20 мм.

Підготовані до зварювання зварювальні матеріали слід зберігати в сушильних шафах при температурі 50-80 °С або в сухих опалювальних приміщеннях при температурі не нижче плюс 18 °С в умовах, що захищають їх від забруднення, корозії, зволоження та механічних пошкоджень. Відносна вологість повітря – трохи більше 50 %. Організація зберігання, підготовки та контролю зварювальних матеріалів має відповідати вимогам галузевої нормативної документації щодо стандартизації на ці процеси, затвержені в установленому порядку. [7]

Зварювальний дріт повинен бути рівним, без перегинів, на його поверхні не повинно бути тріщин, окалини, масел, слідів корозії та інших забруднень.

Очищення, просушування, маркування, пакування, зберігання та видачу зварювальних матеріалів слід організувати так, щоб унеможливити переплутування різних марок та партій [8].

Конструктивні елементи підготовлених кромок та розміри швів повинні відповідати ГОСТ 14771, ГОСТ 23518, для труб – ГОСТ 16037-80 або іншій чинній нормативній документації та кресленням.

Як захисні гази слід застосовувати аргон, гелій та їх суміші, а також аргон або гелій з домішкою кисню (до 3 %) або вуглекислого газу (до 5 %) для

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		17

покращення стабільності дуги та формування шва, підвищення продуктивності зварювання та інших технічних цілей. [10]

В залежності від конструктивних особливостей виробів, довжини та конфігурації швів, а також оснащеності зварювальним обладнанням та технологічним оснащенням застосовують такі способи зварювання:

- ручне дугове зварювання неплавким (вольфрамовим) електродом (в аргоні, гелії або їх суміші), з присадним металом або без нього;
- автоматичне зварювання неплавким електродом (в аргоні, гелії або їх суміші) з присадним металом або без нього;
- автоматичне зварювання під шаром флюсу;
- напівавтоматичне та автоматичне зварювання плавким електродом.

При виборі методу зварювання в середовищі захисних газів слід враховувати, що зварювання неплавким електродом (ручне і напівавтоматичне) раціонально застосовувати при товщині металу 0,5-3,0 мм, а зварювання плавким електродом при товщині від 2,5 мм і більше. [9]

У всіх можливих випадках слід віддавати перевагу автоматичному зварюванню, що забезпечує найкращу якість швів за високої продуктивності.

Зварювання плавким електродом (автоматичне і напівавтоматичне) виконують на постійному струмі зворотної полярності (плюс на електроді).

Для зменшення ступеня окислення металу та отримання якісного зварного шва процес зварювання в середовищі захисних газів слід виконувати з максимально можливою швидкістю при мінімальній поверхні зварювальної ванни. [10]

Зварювання слід виконувати без перерв. У разі вимушеної перерви перекривати раніше виконаний шов на 10-20 мм.

Після обриву дуги після зварювання подачу захисного газу припинити після деякого остигання металу та електроду (через 5-10 с) для попередження неприпустимому окисненню.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		18

Робочий тиск захисного газу рекомендується утримувати в межах 0,01-0,03 МПа [9].

#### **1.4.4 Вимоги до оформлення документації**

Документацію слід оформлювати відповідно до наведених нижче документів.

ГОСТ 2.105-2019 «Єдина система конструкторської документації (ЕСКД). ГОСТ 3.1502-85 Єдина система технологічної документації (ЕСТД). Форми та правила оформлення документів на технічний контроль». ГОСТ 3.1119-83 Єдина система технологічної документації (ЕСТД). Загальні вимоги комплектності та оформлення комплектів документів на одиничні технологічні процеси». ГОСТ 3.1407-86 Єдина система технологічної документації (ЕСТД). Форми та вимоги до заповнення та оформлення документів на технологічні процеси, спеціалізовані за методами збирання». ГОСТ 3.1705-81 Єдина система технологічної документації (ЕСТД). Правила запису операції переходів. Зварювання». [1]

#### **1.4.5 Вимоги до контролю зварних з'єднань**

Геометричні розміри та форму поверхонь слід вимірювати за допомогою засобів, що забезпечують похибку не більше 30% встановленого допуску на виготовлення.

Габаритні розміри резервуарів слід визначати шляхом підсумовування розмірів складальних одиниць і деталей, що входять до них. [11]

Контроль якості поверхонь на відсутність розшарування, грубих царапин, тріщин, що знижують якість і погіршують товарний вигляд, слід проводити шляхом візуального огляду.

Ознаку дефекту встановлюють виходячи з вимог відповідного стандарту чи проектної документації. [11]

Обов'язкова перевірка наявності, змісту, місць розташування клейма на зварних швах і маркування на готовій посудині (самостійно поставляються на складальних одиницях і деталях) повинна здійснюватися візуальним оглядом.

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		19

Контроль якості зварних з'єднань слід проводити такими методами:

- а) візуальним оглядом та вимірювальним контролем;
- б) механічними випробуваннями;
- в) випробуванням на стійкість до міжкристалітної корозії;
- г) металографічними дослідженнями;
- д) стилоскопуванням;
- е) ультразвуковою дефектоскопією;
- ж) радіографією;
- і) кольоровою чи магнітопорошковою дефектоскопією;
- к) іншими методами (акустичною емісією, люмінесцентним контролем, визначенням вмісту феритної фази та ін.), якщо необхідно. [11]

Контроль комплектності, консервації, фарбування, упаковки необхідно проводити шляхом зіставлення обсягу та якості виконаних робіт з вимогами цього стандарту та технічних умов.

Підприємство – виробник негабаритних посудин, що транспортуються частинами, має провести контрольне складання.

Допускається замість складання проводити контрольну перевірку розмірів частин, що стикуються, за умови, що підприємство-виробник гарантує збирання посудини. [11]

У процесі виготовлення складальних одиниць та деталей необхідно перевіряти на відповідність вимогам стандартів (технічних умов) та проекту [8]:

- стан і якість складальних одиниць, деталей та зварювальних матеріалів, що зварюються;
- якість підготовки кромки та складання під зварювання;
- дотримання технологічного процесу зварювання та термічної обробки.

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		20

## 1.5 Особливості базової технології виготовлення корпусу цистерни

Враховуючи базову технологію виготовлення залізничної цистерни процес виготовлення корпусу цистерни поділяється на наступні етапи:

- заготівля листів для циліндричної частини котла та днищ;
  - складання та зварювання листів;
  - вальцювання, складання та зварювання циліндричної частини;
  - виготовлення днищ;
  - загальне складання та зварювання котла;
- контрольні випробування.

Складання та зварювання листів циліндричної частини котла проводяться на стенді.

Заготовлені листи розкладають на плиті стенду, встановлюють та прихоплюють до стиків листів технологічні планки для виведення зварного шва та притискають листи до плити.

Одночасно знизу притискається до листів, що зварюються, флюсова подушка. Поздовжні шви виконують автоматичними зварювальними головками АБС, змонтованими на пристроях порталного типу.

Зварене полотно за допомогою кантувача повертають на 180°, після чого транспортують його на другий стенд для накладання швів зі зворотного боку. Цей стенд, на відміну від першого, не має флюсових подушок. Одночасно зі зварюванням полотна збирають і зварюють контрольну пластину на тих же режимах і тими ж зварювальними матеріалами.

Після закінчення зварювання готове полотно по рольгангу передають на вальцювання в трьох- або чотиривалкових згинальних машинах для надання йому форми циліндра.

Потім обичайку мостовим краном транспортують на спеціальний стенд для зварювання стику замикаючого циліндра, який укладають на опорні ролики,

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		21

а замикаючий стик - на балку з магнітними притискачами і флюсовою подушкою.

Зварювання здійснюється зварювальним трактором ТС-17М, який переміщається направляючими всередині обичайки.

Після закінчення накладання внутрішніх швів обичайку на опорних роликах повертають замикаючим стиком вгору і виконують зварювання із зовнішнього боку автоматичною головкою, змонтованою на порталному пристрої.

Режими зварювання при виконанні зовнішніх та внутрішніх швів такі ж, як і при зварюванні полотнища.

Оскільки листовий прокат обмеженої довжини, тому циліндричну частину котла цистерни зварюють встик із двох обичайок. З обох боків кільцевого шва встановлюють шпангоути для збільшення жорсткості котла.

Потім у циліндричній частині котла вирізають отвори під горловину ковпака або кришку люка та зливні прилади, зрізають технологічні планки та зачищають торці.

Днища котла штамнують на пресі у холодному та гарячому стані за допомогою витяжних штампів. Застосовуються вертикальні преси зусиллям 30000-50000 кН.

Цей спосіб є високопродуктивним, але пов'язаний з використанням дорогих пресів і штампів, тому може бути рекомендований для великосерійного або масового виробництва.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		22

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

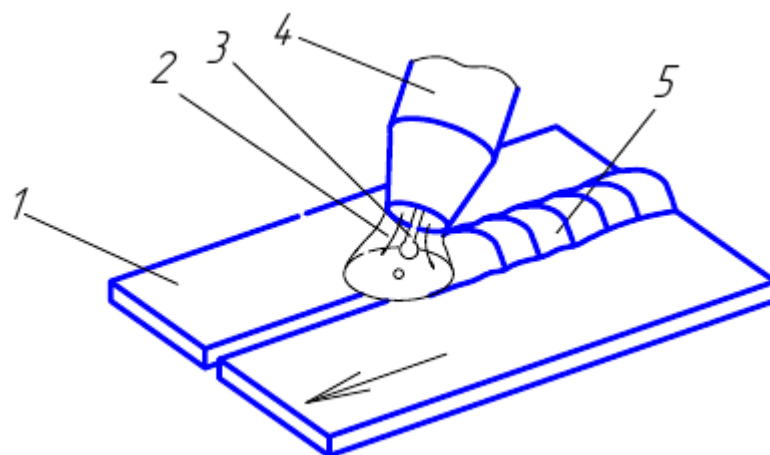
### 2.1 Вибір способів зварювання і зварювального устаткування

#### 2.1.1 Техніко-економічне обґрунтування способів зварювання

При розробці технології слід вибрати такий спосіб зварювання, який відповідає всім вимогам, встановленими вихідними даними.

Відповідно до рекомендацій технічної літератури [2] сталь 09Г2С можна зварювати такими способами: ручним дуговим зварюванням покритими електродами, автоматичним зварюванням під шаром флюсу, плавким електродом в захисному газі. Присадкові матеріали вибирають аналогічно складу основного металу, з урахуванням міцнісних вимог і відсутності схильності до утворення кристалізаційних тріщин.

В даній роботі буде застосовуватися механізоване зварювання в середовищі захисних газів за ГОСТ 14771-76 і автоматичне зварювання під шаром флюсу. В якості захисного газу обираємо вуглекислий газ. Вуглекислий газ поставляється за ГОСТ Р ISO 14175-2010 і позначається як – ISO 14175-I – CO<sub>2</sub> [3].



1 – зварюваний виріб; 2 – потік захисного газу; 3 – дріт; 4 – сопло; 5 – шов

Рисунок 2.1 – Схема напівавтоматичного зварювання в захисних газах

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		23

До переваг такого виду зварювання можна віднести [4]:

- покращена якість шва, у порівнянні з використанням звичайного ручного дугового зварювання;
- газ має невисоку вартість;
- можливість з'єднувати вироби будь-якої товщини;
- значно збільшується швидкість процесу зварювання;
- робота достатньо продуктивна.

### 2.1.2 Вибір зварювальних матеріалів

Як зварювальний матеріал приймаємо дрід Св-08Г2С за ГОСТ 2246-70. Вибір зварювального матеріалу обумовлений вимогами складального креслення.

Високолегований дрід Св-08Г2С за ГОСТ 2246-70 виготовляється діаметром 1,0 мм, 1,2 мм, 1,6 мм, 2,0 мм, 2,5 мм, 3,0 мм, 4,0 мм, 5 мм. Він постачається в мотках, маса мотка залежить від діаметра дроту. На кожен моток дроту кріплять металевий ярлик, на якому мають бути зазначені:

- найменування чи товарний знак підприємства-виробника;
- умовне позначення дроту;
- номер партії;
- знак технічного контролю.

Особливістю дроту марки Св-08Г2С є наявність у його складі розкислювачів марганцю і кремнію. Це забезпечує високу якість зварного шва [5].

Хімічний склад даного дроту та механічні властивості металу шва представлені у таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту % Св-08Г2С за ГОСТ 2246-70 [6]

С	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

Для зварювання сталі 09Г2С можливо використовувати плавильні сильно окислювальні флюси АН-348 та ОСЦ-45. Хімічний склад цих флюсів наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Хімічний склад флюсів АН-348 і ОСЦ-45 [2]

Флюс	SiO <sub>2</sub> , %	MnO, %	CaO, %	MgO, %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	CaF <sub>2</sub> , %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	S, % не більше	P, % не більше
АН-348	41-44	34-38	6,5	5-7,5	4,5	4-5,5	2,0	0,15	0,12
ОСЦ- 45	38-44	38-44	6,5	2,5	5,0	6-9	2,0	0,15	0,15

Для зварювання горловини цистерни та приварювання різних технологічних елементів будемо використовувати суміш газів: 80% вуглекислого газу + 20% кисню. Ця суміш забезпечуватиме гарне формування зварного шва, мінімальне розбризування електродного металу та повноцінне проплавлення основного металу.

### 2.1.3 Визначення та розрахунок режимів зварювання

До параметрів режиму механізованого дугового зварювання в захисних газах, що визначаються розрахунком, належать:

- зварювальний струм;
- напруга на дузі;
- швидкість зварювання;
- діаметр і швидкість подачі електродного дроту.

Інші параметри: захисне середовище, рід і полярність струму, виліт електродного дроту, кут нахилу електродного дроту і виробу, початкова температура виробу, витрата захисного газу яку встановлюють, з умов зварювання конкретних виробів чи марки сталі.

Розрахунок режиму зварювання проводиться завжди для конкретних випадків, коли відомі марка сталі, що зварюється, спосіб зварювання, обрані зварювальні матеріали та інші дані по шву і технологічному процесу [7].

Для напівавтоматичного зварювання електродним дротом в середовищі захисних газів вже є розраховані параметри режимів, тому приймаємо довідкові значення та результати зводимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Режими напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів сталі електродним дротом у різних просторових положеннях [21]

Товщина сталі, мм	Положення шва в просторі	Режим зварювання				
		Діаметр зварювального дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга дуги, В	Швидкість зварювання, м/год	Виліт електродного дроту, мм
2	Нижнє	1,0	200-210	22-24	70	10
	Горизонтальне			22-24	90	
	Вертикальне			20-23	90	
	Стельове			22-24	90	
3	Нижнє	0,8	200-230	22-24	55	12
	Горизонтальне			20-22	60	10
	Вертикальне			20-22	90	
	Стельове			22-24	63	
4	Нижнє	1,0	260-270	25-27	47	12
	Вертикальне			25-27	55	10
	Вертикальне	0,8	170-180	21-23	36	8
	(зварювання на підйом)			24-26	54	10
	Горизонтальне			23-25	63	10
Стельове	1,0	220-230				

Витрата вуглекислого газу 9-12 л/хв у всіх випадках.

Розрахуємо параметри режиму автоматичного зварювання під шаром флюсу.

Струм зварювання визначається за формулою 2.1.[6]

$$I_{зв} = 100 \frac{h}{k}, A \quad (2.1)$$

де  $h$  - глибина проплавлення основного металу:

$$h = \frac{s}{2} \pm (1...3), мм$$

де  $s$  – товщина основного металу;

$k$  – коефіцієнт, що враховує умови зварювання.

Приймаємо діаметр електродного дроту рівним 1,6 мм. Тоді отримаємо:

$$h = \frac{10}{2} + 1 = 6 \text{ мм}$$

$$I_{зв} = 100 \frac{6}{1,55} = 387 \text{ А.}$$

Отже, струм приймаємо 390 А. Виконуємо уточнення діаметру електродного дроту за формулою 2.2.

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j \cdot \pi}}; \quad (2.2)$$

де  $j = 100 \text{ А/мм}^2$  густина струму.

Тоді

$$d_e = 2 \sqrt{\frac{387}{50 \cdot 3,14}} = 3 \text{ мм}$$

Напругу зварювальної дуги визначаємо за формулою 2.3.

$$U_o = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} I_{зв} \pm 1; B \quad (2.3)$$

$$U_o = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} \cdot 390 = 30 \text{ В}$$

Площа підсилення зварного шва:

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		27

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

де  $l$  – ширина зазору шва,  $m$ ;

$q$  – величина підсилення шва,  $m$ ;

$$F_1 = 0,75 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Визначимо площу наплавленого металу:

$$F_2 = h_{ш} \cdot l, \quad (2.5)$$

де  $h_{ш}$  – висота шва,  $m$ ;

$l$  – ширина зазору шва,  $m$ ;

$$F_2 = 0,008 \cdot 0,002 = 16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Отже, площа наплавленого металу в поперечному перерізі:

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

де  $F_1$  – площа поперечного перерізу величини підсилення шва,  $mm^2$ ;

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

$$F = 1,5 \cdot 10^{-5} + 16 \cdot 10^{-6} = 31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт наплавлення визначаємо за формулою:

$$\alpha_n = A + B \cdot \frac{I_{зв}}{d_{ел}}, \quad [2] \quad (2.7)$$

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 електроду,  $mm$ ;

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		28

$$\alpha_n = 2,3 + 0,04 \cdot \frac{530}{3} = 9,37 \text{ г} \cdot \text{А} / \text{год}.$$

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою 2.4.

$$v_{зв} = \frac{\alpha_n I_{зв}}{\gamma F_n 100}; \quad (2.8)$$

де  $\alpha_n$  – коефіцієнт наплавлення;

$\gamma$  – густина металу  $\gamma = 0,78 \text{ г/см}^3$ ;

Приймаємо  $\alpha_n = 14 \text{ г/А} \cdot \text{год}$  за довідниковими даними.

Тоді:

$$v_{зв} = \frac{14 \cdot 390}{0,78 \cdot 2,3 \cdot 100} = 30 \text{ м/год}$$

Швидкість подачі дроту визначається за формулою 2.6.

$$v_{п.д} = \frac{4\alpha_n I_{зв}}{\pi d^2 \gamma}, \text{ м/год}; \quad (2.9)$$

$$v_{п.д} = \frac{4 \cdot 14 \cdot 390}{3,14 \cdot 3^2 \cdot 7,8} = 99 \text{ м/год}$$

Режими автоматичного зварювання, які необхідні для виготовлення резервуару подані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Режими зварювання циліндричної цистерни

Номер шва	Сила струму $I_{зв}, \text{А}$	Напруга на дузі $U_{д}, \text{В}$	Діаметр дроту $d_e, \text{мм}$	Швидкість зварювання $V_{зв}, \text{м/год}$	Швидкість подачі дроту $V_{п.д}, \text{м/год}$
N1	390	30	3	30	99
N2	370	29	3	35	110
N3	380	32	3	28	115

## 2.1.4 Вибір основного та допоміжного зварювального устаткування

Складально-зварювальним оснащенням називають сукупність пристосувань та спеціального інструменту для виконання слюсарних, складальних, монтажних та інших видів робіт. Застосування зварювальних пристроїв дозволяє зменшити трудомісткість робіт; підвищити продуктивність праці; скоротити тривалість виробничого циклу; покращити умови праці; підвищити якість продукції; розширити технологічні можливості зварювального обладнання; сприяє підвищенню комплексної механізації та автоматизації виробництва та монтажу зварних виробів [8].

У цій роботі для переміщення деталей і вузлів по складально-зварювальній ділянці використовуємо підвісний кран-балку вантажопідйомністю до 2 тонн, у зв'язку з тим, що виріб, що проектується, має велику масу, а також мостовий кран вантажопідйомністю до 5 тонн.

Вибрані параметри режиму зварювання зварного виробу дозволяють сформулювати вимоги до зварювального обладнання. Для оптимального вибору обладнання основними критеріями повинні бути такі принципи:

1. Технічна характеристика обладнання має відповідати всім вимогам прийнятої технології.
2. Забезпечення відносної простоти обслуговування та експлуатаційної надійності.
3. Найбільший ККД за найменшого споживання електроенергії при експлуатації.
4. Найменші маса та габарити обладнання.
5. Мінімальний термін окупності.

Виходячи з експлуатаційних, технологічних та економічних вимог було обрано таке обладнання для виконання коротких зварних швів та прихоплень:

Зварювальний апарат повинен забезпечувати зварювальний струм до 250 А, діаметр дроту 0,8-1,0 мм, швидкість подачі електродного дроту до 90 м/год. Виходячи з даних вимог, вибираємо джерело живлення ESAB ARISTO MIG

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		30

U4000I спільно з блоком подачі дроту ARISTO Feed 3004 [22]. Блок Mig U4000i є джерелом живлення на 400 ампер для зварювання MIG/MAG/MMA і TIG з високочастотним підпалом дуги. Використовується для електродугового зварювання у середовищі захисного газу зварювальним дротом (MIG), або без газу з використанням флюсового дроту (MAG), або вольфрамовим електродом в середовищі інертного газу (TIG), але може також застосовуватися для зварювання покритим електродом (MMA). Джерело живлення призначене для використання з блоками подачі дроту Feed 3004 або Feed 4804. Джерело живлення призначене для використання з блоками подачі дроту Feed 3004 або Feed 4804.

Перевагами такого джерела живлення є.

Чудові зварювальні властивості – висока практичність та висока якість завдяки TrueArcVoltage™.

Інвертори, засновані на технології IGBT – володіють високою продуктивністю та надійністю.

Корпус виготовлений із гальванізованої сталі – міцний та довговічний.

Професійне ручне дугове зварювання MMA за допомогою функції ArcPlus™ II.

Автоматичний режим очікування для економії енергії.

ELP – ESAB LogicPump, що автоматично запускає водяний насос.

Клас захисту IP 23 – для роботи поза приміщеннями.

Може керуватися дистанційно, наявний цифровий дисплей.

Можливість підключення пальника Push-Pull завдовжки 6 або 10 м.

Технічні характеристики блоку ESAB ARISTO MIG U4000I наведено у таблиці 2.4.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики блоку ESAB ARISTO MIG U4000I

[2]

Характеристика	Значення
1	2
Маса	63,5 кг
Опис (Класифікатор)	<i>Aristo Mig U4000i</i>
Напруга, В	400 V
Фази	3
Частота	50/60 Hz
Зварювальні характеристики	
Вихідна напруга	36 VDC
Вихідний струм	400 A
ПВ	35 %
Процес зварювання	MMA
Вихідна напруга	33 VDC
Вихідний струм	320 A
ПВ	60 %
Процес зварювання	MMA
Вихідна напруга	30 VDC
Вихідний струм	250 A
ПВ	100 %
Процес зварювання	MMA
Тех. характеристики	
Класифікація застосування	S
Макс. тиск	3.4 bar
Макс. витрата	2.0 l/min
Об'єм охолоджуючої рідини	5.5 l

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

Робоча температура	-10 - +40 °C
Стандарти	IEC/EN 60974-1,-2,-3,-10
MCableX	4x4
Тех. характеристики живлення	
Клас захисту	IP 23
Коеф. потужності при максимальному струмі	0,9
КПД при при максимальному струмі	86 %
Режим енергозбереження	60 W

Блок ESAB ARISTO MIG U4000I показаний на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Блок ESAB ARISTO MIG U4000I

Блоки подачі дроту Feed 3004 з панелями управління U6, MA23 або MA24 призначені для дугового зварювання плавким електродом, в середовищі інертного газу (MIG) / дугового зварювання плавким електродом (MAG) з джерелами зварювального струму CAN на 400 А, 300 А.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		33

Блоки дроту містять чотирироликові механізми подачі дроту, а також електронну схему управління.

Їх можна використовувати разом із пристроєм для дроту ESAB MarathonPac™ або з катушкою для дроту (стандартний діаметр 300 мм, із приналежністю Ш 440 мм).

Блок подачі дроту можна встановити або на візку для блоку живлення, підвішеного над робочим місцем, на противагу або на підлозі з використанням комплекту коліс або без коліс.

Переваги.

Робочий цикл є часткою (в %) десятихвилинного інтервалу, протягом якої можна проводити зварювання при певному навантаженні без перевантаження. Робочий цикл вказаний для температури 40°C.

Клас кожуха.

Норми IP вказують клас кожуха, тобто, ступінь захисту від проникнення твердих об'єктів та води. Устаткування з маркуванням IP 23 призначене для зовнішнього та внутрішнього встановлення [1].

Технічні характеристики блоку подачі дроту ARISTO Feed 3004 наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики блоку подачі дроту ARISTO Feed 3004 [23]

Характеристика	Значення
Використовувана напруга, В	42
Частота, Гц	50/60
Діаметр дроту, мм	0,6-1,6
Місткість бобіни з дротом, кг	18
Макс. діаметр барабана, мм	300
Швидкість подачі дроту, м/хв	0,8-25,0

Блок подачі дроту ARISTO Feed 3004 показаний на рисунку 2.3.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		34

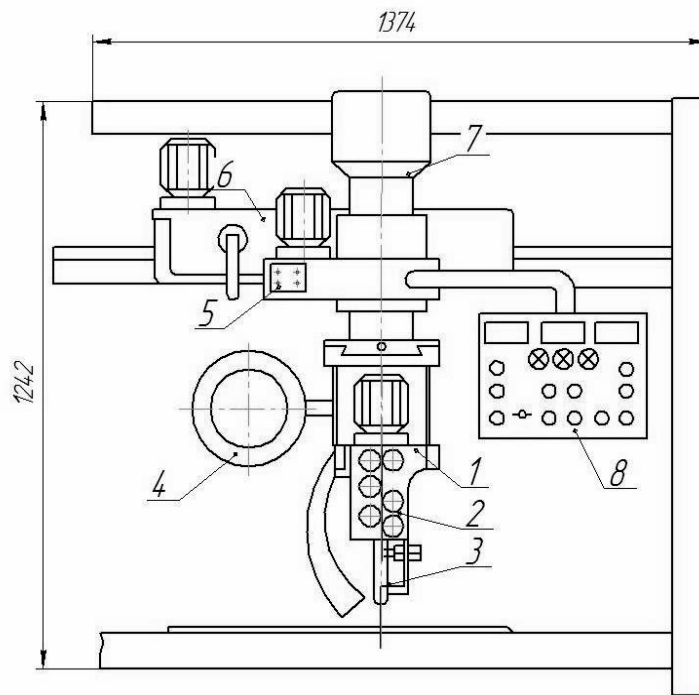


Рисунок 2.3 – Блок подачі дроту ARISTO Feed 3004

Враховуючи описане вище, для зварювання зовнішніх повздовжніх та кільцевих швів резервуару обираємо зварювальну головку А-384 (рис.2.4). Ця головка задовольняє всі необхідні режими зварювання, які необхідні для зварювання швів резервуару. Технічна характеристика зварювальної головки А-384 в таблиці 2.6.[2]

Таблиця 2.6- Технічні характеристики зварювальної головки А-384

Назва параметру	Величина параметру
Швидкість подачі дроту, м/год	28,5-225
Вертикальна настройка,мм	100
Сила струму, А	До 2000
Швидкість зварювання,м/год	13,5-112
Об'єм бункеру для флюсу,м <sup>3</sup>	20
Діаметр дроту,мм	3-6
Маса,кг	350



1 – механізм подачі дроту; 2 – механізм правки дроту; 3 – мундштук; 4 – касета з електродним дротом ; 5 – штанга; 6 – поперечний коректор; 7 – бункер для флюсу; 8 – пульт управління.

Рисунок 2.4 - Зварювальна головка А-384

В якості джерела живлення відповідно до необхідної сили зварювального струму та вольт-амперних характеристик джерела вибираємо зварювальний випрямляч універсальний ВДУ-1000 (рис. 2.5). Це джерело забезпечує всі необхідні характеристики для автоматичного зварювання під шаром флюсу.[7]



Рисунок 2.5- Зварювальний випрямляч ВДУ-1000

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

Технічна характеристика джерела живлення ВДУ-1000 наведена в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Технічна характеристика випрямляча ВДУ-1000

Назва параметру	Величина параметру
Напруга мережі живлення, В	3 х380
Частота мережі живлення, Гц	50
Номинальний зварювальний струм, А (при ТВ,%)	1000 (100%)
Межі регулювання зварювального струму, А	120...1000
Номинальна робоча напруга, В	44
Напруга холостого ходу, В, не більше	55
Споживана потужність, кВА	50
Маса, кг, не більше	370
Габарити (Д*Ш*В), мм	580x700x1100

## 2.2 Розробка технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

### 2.2.1 Заготівельні операції

Весь технологічний процес є послідовністю взаємопов'язаних операцій.

Основна вимога до технології будь-якої сукупності операцій, виконуваних на окремому робочому місці, полягає в раціональній їх послідовності з використанням необхідних пристроїв та оснастки.

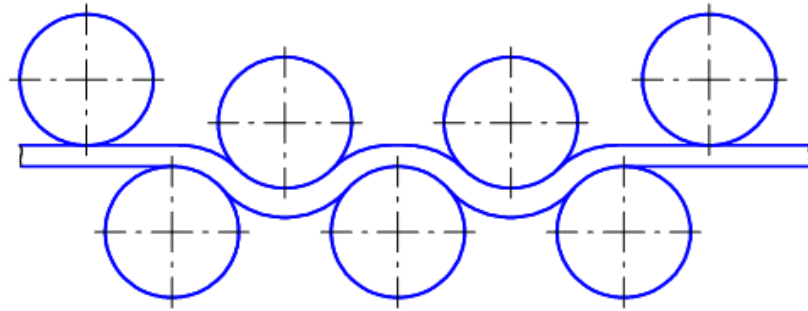
При цьому мають бути досягнуті відповідні вимоги креслення, точність складання, можлива найменша тривалість складання та зварювання деталей, максимальне полегшення умов праці, забезпечення безпеки робіт. Виконання цих вимог досягається застосуванням відповідних раціональних складальних пристроїв, підйомно-транспортних пристроїв, механізації складальних процесів [14].

Технологічний процес заготівельних операцій виготовлення заготовок залізничної цистерни включає:

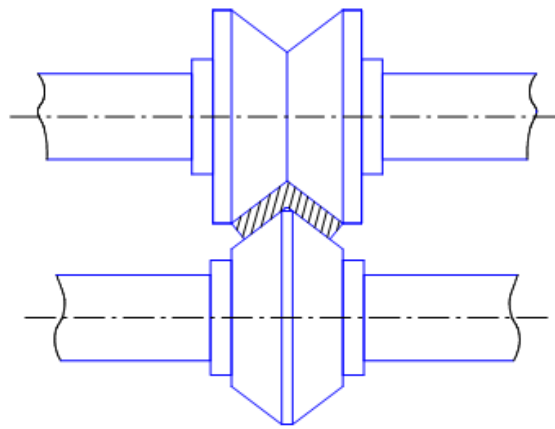
а) правлення на багатовалкових листопрямильних машинах шляхом створення місцевої пластичної деформації.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		37

Схеми процесу правлення листового і профільного прокату приведені на рисунку 2.6;



а)



б)

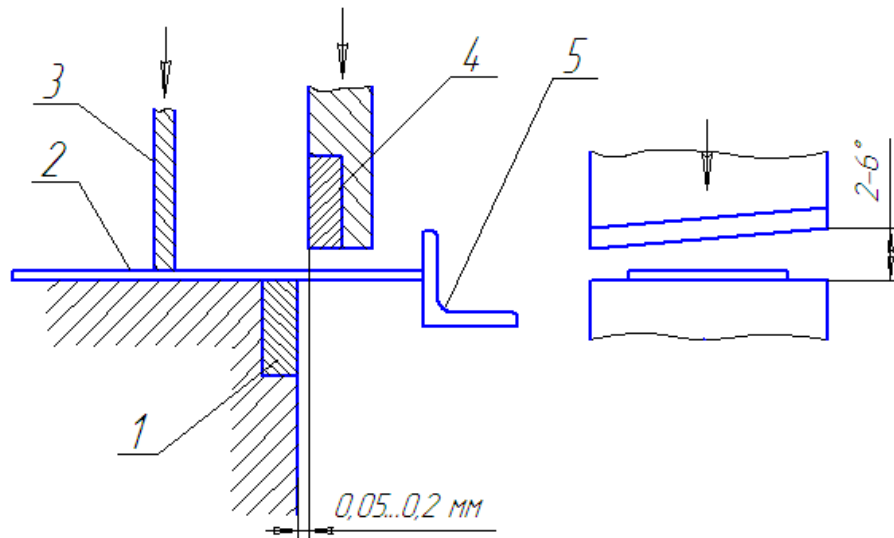
а – правлення листового прокату; б – правлення профільного прокату

Рисунок 2.6 – Правлення листового та профільного прокату

б) для розмічування невеликих деталей використовують намічувальні шаблони; [14]

в) для різання деталей з прямолінійними кромками застосовують гільйотинні ножиці. Схематично процес різання приведений на рисунку 2.7.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		38



1 – нижній ніж; 2 – лист металу; 3 – притискач;  
4 – верхній ніж; 5 – упор

Рисунок 2.7 – Різання листового прокату на гільйотинних ножицях [14]

Наступною виконуємо операцію формоутворення, тобто надання листам необхідної форми. Для виготовлення обичайок необхідно надати листам циліндричної форми. Для цього листи прокатують на спеціальних листозгинальних вальцях (рисунок 2.8). [14]

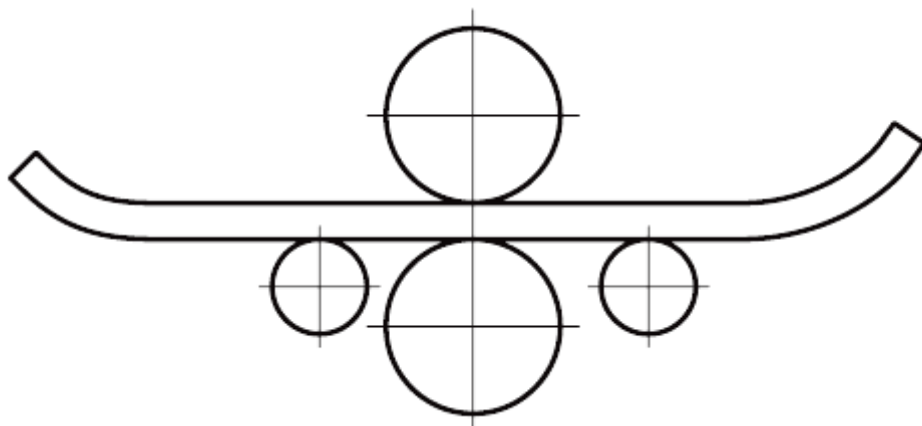


Рисунок 2.8- Схема вальцювання обичайки цистерни

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		39

Для формування днищ будемо застосовувати вертикальний прес зусиллям 30 000-50 000 кН. Як альтернатива виготовлення днищ резервуару, є застосування штампування на спеціальних гідравлічних штампах (рисунок 2.9).

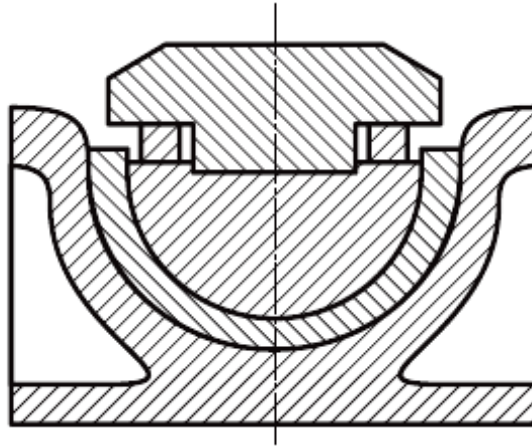


Рисунок 2.9 - Схема штампування на гідравлічних штампах

На рисунку 2.10 показано технологічну схему виготовлення корпусу залізничної цистерни.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		40



### 2.2.2 Розробка технології складання та зварювання

Складання листових заготовок циліндричної частини цистерни виконуються на стенді. Підготовлені заготовки листового прокату розміщують на плоскій площині стенду, виконують вирівнювання їхніх кромок, виконують складання та зварювання технологічних планок з метою виведення дефектів за межі зварного шва, а тоді виконують закріплення листів до площини стенду.

Установка для зварювання листових заготовок цистерни дозволяє забезпечити формування зворотного валика зварного шва за рахунок мідної підкладки. Поздовжні шви листових полотниць виконують зварювальним автоматом А-384.

Зварені полотнища кантують на  $180^\circ$  і транспортують на інший стенд для зварювання зворотньої сторони зварного шва. Цей стенд не має мідних підкладок. Поряд зі зварюванням полотниць, виконують зварювання контрольних взірців для випробувань на міцність, зі збереженням технологічних параметрів зварювання і відповідних матеріалів.

Після зварювання полотнища його транспортують по рольгангу для вальцювання у вальцювальній машині, з метою формування обичайки.

Завальцьовану обичайку краном переміщують на стенд для зварювання циліндра. Обичайку встановлюють на опорні ролики 4, а повздовжнє розроблення кромки - на балку 5 з магнітними затискачами та флюсовою подушкою.

Зварювальний автомат А-384 переміщується по направляючих зовнішньої поверхні циліндра. Після завершення зварювання, виконують вирізання отворів під горловину ковпака або кришку люка і для зливу, зрізають технологічні планки і зачищають торці.

На наступному етапі технологічного процесу виготовлення резервуару виконується суміщення та притискання стикованих поверхонь обичайки з днищами на механізованому стенді, після завершення якого виконують зварювання.

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		42

### 2.2.3 Вибір заходів боротьби зі зварювальними напруженнями та деформаціями

У зварних швах горизонтальних циліндричних резервуарів у процесі зварювання виникають напруження та деформації. При неправильному розрахунку даних явищ може статися аварія під час експлуатації, тому при проектуванні необхідно коректно визначати значення залишкових напружень та деформації. [2].

Зварювальні напруження та деформації - одні з найскладніших термічних явищ, які виникають під час зварювання при плавленні металу. У стінках резервуарів часто виникають значні залишкові деформації внаслідок їх відносно невеликої жорсткості. За статистикою Міжнародного інституту зварювання, близько 13% аварій, припадає на вплив залишкових напружень. Виходячи з цього можна зробити висновок, що існує необхідність у розрахунку зварювальних напружень при проектуванні та виготовленні резервуарів. [1].

Усунення залишкових зварювальних напружень, щоб вони не вплинули на з'єднання і всю конструкцію, найбільш ефективно відбуваються шляхом відпалу. Виріб поміщається в піч, камеру або підключається до джерела індукційного нагріву і доводиться до температури 550-680 °С. Для продукції з товстостінних матеріалів передбачається певний час відпалу (від кількох хвилин до кількох годин), щоб прогріти конструкцію достатньою мірою. Потім виробу дають повільно охолонути разом із піччю.

Це може зайняти добу і більше, але тільки в такому випадку повністю знімаються напруження високоміцної сталі. Якщо цього не зробити, внутрішні напруження можуть зруйнувавши шов чи навколошовну зону.

Іноді достатньо локального нагрівання виробу для зняття напружень. Це виконують газовими пальниками або ручними різачками, підключеними до балонів із пропаном та киснем. [1].

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43

Залишкові зварювальні деформації усуваються механічним впливом, створюваним тиском. Для великих товстих деталей використовують гідрообладнання (прес, штоки).

Інший метод усунення деформацій механічним шляхом – прокатування матеріалу або вальцювання. Підходить для листових та плоских виробів. Завдяки системі роликів та валиків конструкція вигинається у зворотний бік.

Напруження та деформації при зварюванні резервуару неминучі. Але розуміючи їхню природу і знаючи характерні ознаки, можна навчитися керувати ними і звести їх до мінімуму. В інших випадках важливо знати, як виправити виріб, надавши йому рівного, симетричного вигляду. [2]

При автоматичному та механізованому способах зварювання цистерни, застосування порошкових дротів, які забезпечують значно менше тепловкладання і більш високу швидкість зварювання, ніж ручне дугове зварювання, дозволяє значно зменшити об'єм металу, що нагрівається до високих температур, внаслідок чого значно знижуються деформації та обсяг накопиченої енергії від залишкових напружень.

#### **2.2.4 Технічний контроль якості та виправлення браку**

Візуальний та вимірювальний контроль зварних швів необхідно проводити після очищення швів та прилеглих до них поверхонь основного металу від шлаку, бризок та інших забруднень.

Обов'язковому візуальному та вимірювальному контролю підлягають усі зварні шви відповідно до ГОСТ 3242-79 для виявлення дефектів, що виходять на поверхню шва та не допустимі відповідно до вимог цього стандарту.

Візуальний та вимірювальний контроль слід проводити у доступних місцях з двох сторін по всій довжині шва [16].

Візуальний та вимірювальний контроль зварних з'єднань – це метод контролю якості, що виконується за допомогою візуального огляду або із застосуванням найпростіших вимірювальних інструментів. З допомогою

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		44

візуального огляду виявляються великі дефекти, і з допомогою інструментів виявляються дрібні дефекти, відразу непомітні оку.

Спочатку виконується візуальний контроль. Контролер уважно оглядає шов на поверхневі дефекти. Коли огляд закінчено, перевіряється характер, розмір дефекту та відсоток його відхилення від норми. Далі проводять вимірювальний контроль зварних швів, вимірюючи геометричні параметри, ширину, висоту, катет. Використовують штангенциркуль, лінійку, різні шаблони. Для проведення візуального та вимірювального контролю використовуємо комплект ВІК "Енергетик" [16].

### **Ультразвуковий контроль зварних з'єднань**

Для виявлення внутрішніх дефектів зварних з'єднань цистерни слід застосовувати ультразвуковий контроль. Ультразвукову дефектоскопію зварних з'єднань слід проводити у відповідність до ГОСТ 14782.

Для проведення УЗК використовуємо ультразвуковий дефектоскоп А1212 МАЙСТЕР. Опис: обладнання для вимірювання товщини виробів, контролю якості зварних швів, пошуку місць корозії, внутрішніх розшарувань, тріщин та інших дефектів у пластмасах, металах та інших однорідних матеріалах. Устаткування також використовується для визначення координат та оцінки параметрів таких дефектів.

Таблиця 2.9 – Технічні характеристики дефектоскопа А1212 МАЙСТЕР [16]

<b>Параметр</b>	<b>Значення</b>
Діапазон встановлюваних номінальних частот ультразвуку	від 0,5 до 15,0 МГц
Відхилення робочих частот від номінальних	± 10%
Діапазон налаштування на швидкість ультразвуку у матеріалі	від 500 до 14 999 м/с

Діапазон перебудови посилення приймача	від 0 до 100 дБ
Діапазон вимірів глибини залягання дефекту (по сталі) з прямими перетворювачами:	
D1771 4.0A0D12CL	від 2 до 3 000 мм
Діапазон вимірів глибини залягання дефекту (по сталі) з похилими перетворювачами:	
S5182 2.5A65D12CS	від 2 до 1 300 мм
S5096 5.0A70D6CS	від 2 до 500 мм
глибини $H$	$\pm(0,03H+1,00)$ мм
дальності поверхні $L$	$\pm(0,03L+1,00)$ мм
Діапазон вимірів часових інтервалів на частоті 2,5 МГц	від 0 до 1 900 мкс
Джерело живлення	акумулятор
Номінальне значення напруги живлення	11,1 В
Час безперервної роботи від акумулятора при нормальних кліматичних умовах, не менше:	9 год
Діапазон робочих температур	від -30 до +55°C
Тип дисплею	кольоровий <i>TFT</i>
Роздільна здатність дисплею	640 x 480
Габаритні розміри електронного блоку:	260 x 157 x 43 мм
Маса з акумулятором:	800 г

*Випробування на міцність та герметичність.*

Гідравлічному випробуванню підлягають всі посудини після виготовлення. Для гідравлічного випробування посудини слід використовувати воду.

Гідравлічні випробування посудин, що транспортуються частинами та збираються на місці монтажу, допускається проводити після їх виготовлення на місці встановлення. Так само випробування посудини слід проводити з кріпленням та прокладками, передбаченими у технічній документації. [16].

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		46

Випробування посудин, що працюють без тиску (під налив), проводять змочуванням зварених швів гасом або наливом води до верхньої кромки посудини. Час витримки посудини при випробуванні наливом води має бути на відмітку не менше 4 години [16].

*Капілярна дефектоскопія*

Капілярна дефектоскопія виконується згідно з ГОСТ 3242-79 змочуванням гасом до  $7 \cdot 10^{-3} \text{ мм}^3 \text{ МПа/с}$ .

Потрібне ретельне очищення контрольованої поверхні, чутливість методу знижується при контролі великих товщин і при контролі зварних з'єднань, розташованих у всіх просторових положеннях, відмінних від нижнього. При контролі змочуванням гасом - висока пожежна небезпека.

Виявлення місць витікання у зварних з'єднаннях відкритих і закритих конструкцій: змочуванням гасом зварні з'єднання конструкцій, робочою речовиною яких є рідина. Контрольована товщина не обмежується [16].

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		47

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Компонування складальних та зварювальних установок

Складання листових заготовок циліндричної частини цистерни виконуються на стенді. Підготовлені заготовки листового прокату розміщують на плоскій площині стенду, виконують вирівнювання їхніх кромek, виконують складання та зварювання технологічних планок з метою виведення дефектів за межі зварного шва, а тоді виконують закріплення листів до площини стенду (рис.3.1).

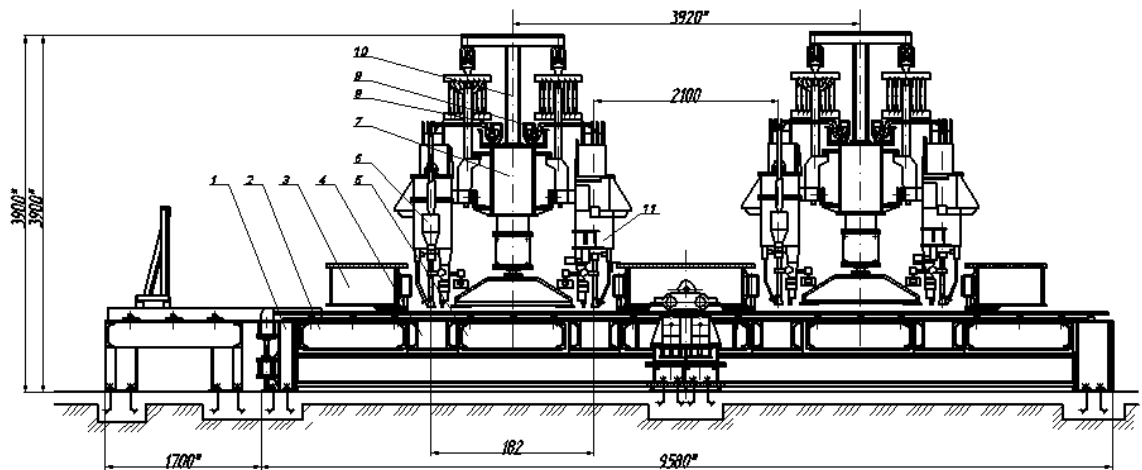


Рисунок 3.1 – Установа для зварювання листових заготовок цистерни

Установа для зварювання листових заготовок цистерни дозволяє забезпечити формування зворотного валика зварного шва за рахунок мідної підкладки. Поздовжні шви листових полотнищ виконують зварювальним автоматом А-384.

Зварені полотнища кантують на 180° і транспортують на інший стенд для зварювання зворотньої сторони зварного шва. Цей стенд не має мідних підкладок. Поряд зі зварюванням полотнищ, виконують зварювання контрольних взірців для випробувань на міцність, зі збереженням технологічних параметрів зварювання і відповідних матеріалів.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		48

Після зварювання полотнища його транспортують по рольгангу для вальцювання у вальцювальній машині, з метою формування обичайки.

Завальцьовану обичайку краном переміщують на стенд для зварювання циліндра. Обичайку встановлюють на опорні ролики 4, а повздовжнє розроблення кромки - на балку 5 з магнітними затискачами та флюсовою подушкою (рисунок 3.2).

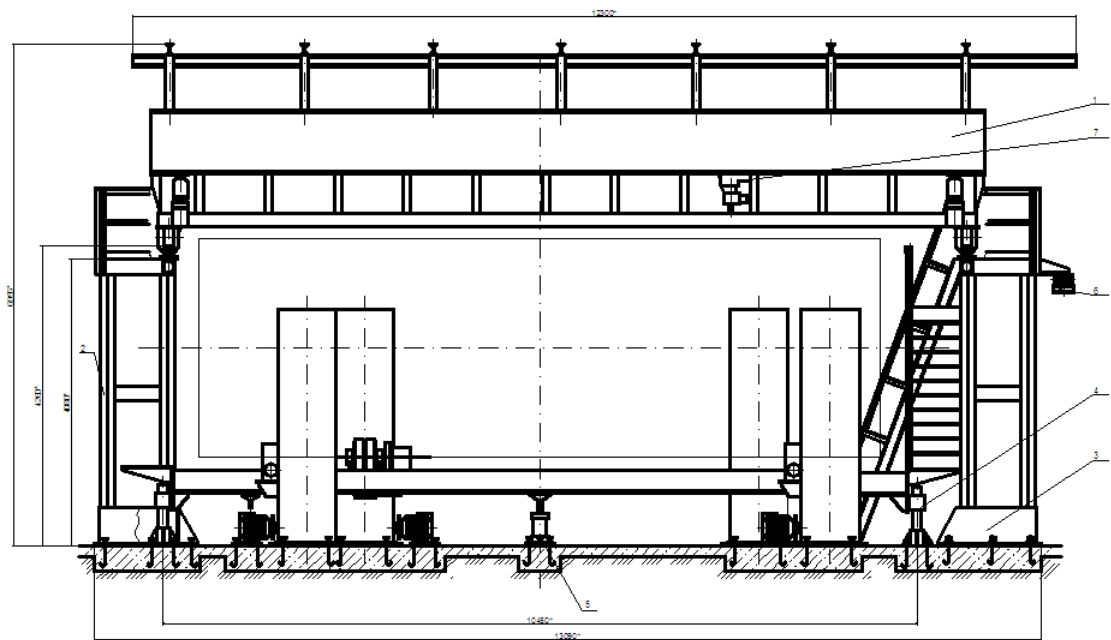


Рисунок 3.2 – Стенд для зварювання повздовжнього розроблення кромки

Зварювальний автомат А-384 переміщується по направляючих зовнішньої поверхні циліндра.

Після завершення зварювання, виконують вирізання отворів під горловину ковпака або кришку люка і для зливу, зрізають технологічні планки і зачищають торці (рис.3.3).

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		49



### 3.2 Розрахунок елементів складально-зварювальних пристроїв

Зварювальними пристроями називаються додаткові технологічні пристрої для обладнання, що використовуються для виконання операцій складання під зварювання, зварювання, термічного різання, паяння, наплавлення, усунення чи зменшення деформацій і напружень, і навіть контролю.

У комплексно-механізованому зварювальному виробництві широко застосовуються завантажувальні, розвантажувальні, підйомно-транспортні та комбіновані пристрої.

У запропонованому технологічному процесі для закріплення елементів обичайок використовуються складальне пристосування

При автоматизованому зварюванні кільцевих та поздовжніх швів обичайок, за допомогою порталної системи, використовуються гвинтові фіксатори для фіксації кромки, що є частиною складального пристосування.

Розрахуємо діаметр гвинтового фіксатора, що входить до складу застосовуваного пристосування.

Діаметри гвинтів визначимо за формулою:

$$d_p = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{1,27 \cdot P \cdot z}{[\sigma]_{дон}}},$$

де  $P$  – зусилля на гвинт, кгс/см<sup>2</sup>.

$$d_p = 1,3 \cdot \sqrt{\frac{1,27 \cdot 17001}{950}} = 1,96 \text{ см.}$$

З конструктивних міркувань згідно з ГОСТ 7798-70 приймаємо  $d_p = 20$  мм [14].

Складальне пристосування призначене для складання та фіксації елементів обичайок на обертачі порталної системи. Дане пристосування дозволяє розташовувати деталі, що збираються і зварюються в зручному просторовому положенні. Працює пристосування наступним чином. За допомогою кран-балки встановлюємо в пристосування елементи обичайки і фіксуємо гвинтовими

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		51

фіксаторами. Пристосування встановлюється з двох сторін елементів обичайок. Отриману конструкцію встановлюють на обертач порталної системи.

### 3.3 Розробка плану цеху

Розміщення цеху – всіх його виробничих відділень та ділянок, а також допоміжних, адміністративно-конторських та побутових приміщень має в більшій мірі задовольняти всім специфічним вимогам процесів, що підлягають виконанню в кожному з цих відділень [14].

Для проектованої ділянки збирання та зварювання корпусу приймаємо схему компоновання виробничого процесу з поперечним напрямком виробничого потоку. Напрямок виробничого потоку на такій ділянці збігається з напрямком, заданим на плані цеху.

Раціональне розміщення у просторі запроектованого виробничого процесу та всіх основних елементів виробництва, необхідні для реалізації цього процесу, вимагає розробки креслень плану та розрізів проектованого цеху [14].

Незалежно від приналежності до будь-якого різновиду зварювального виробництва складально-зварювальні цехи можуть включати такі відділення та приміщення:

- виробничі відділення: заготівельне відділення включає ділянки: правлення та розмічування металу, газополум'яної обробки, верстатної обробки, штампування, слюсарно-механічне, очищення металу;
- складально-зварювальне відділення, що поділяється зазвичай на вузлове та загальне складання та зварювання, з виробничими ділянками складання, зварювання, термооброблення, механічної обробки, випробування готової продукції та виправлення дефектів, нанесення покриттів та обробки продукції;
- допоміжні відділення: цеховий склад металу, проміжний склад деталей та напівфабрикатів з ділянкою їх сортування та комплектації, міжопераційні складувальні ділянки та місця, склад готової продукції цеху з контрольними та

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		52

пакувальними підрозділами та вантажним майданчиком; комори для електродів, флюсів, балонів з горючими та захисними газами, інструменту, пристроїв, запасних частин та допоміжних матеріалів, майстерня виготовлення шаблонів, ремонтна, відділення електромашинне, компресорне, цехові трансформаторні підстанції;

- адміністративно-офісні та побутові приміщення: офіс цеху, гардероб, вбиральні, умивальні, душові, буфет, кімната для відпочинку та їди, медпункт [14].

Самостійний складально-зварювальний цех, що проектується у складі заводу, завжди є, з одного боку, споживачем продукції заготівельних та обробних цехів і складів заводу, а з іншого боку – постачальником своєї продукції для цехів остаточного опорядкування виробів і для загальнозаводського складу готової продукції.

Таким чином, між проектованим складально-зварювальним цехом та іншими цехами, спорудами та пристроями заводу існує певний виробничий зв'язок, необхідний для нормального виконання процесу виготовлення заданої продукції з заводу загалом.

При проектуванні як всього заводу, так і його окремих цехів необхідно прагнути до здійснення прямопоточності всіх виробничих зв'язків між окремими цехами, та до недопущення зворотних переміщень матеріалів і виробів.

*Опис робочого місця.*

На ділянці проводиться складання та зварювання корпусу залізничної цистерни. При виготовленні корпусу цистерни здійснюються такі операції: складання, автоматизоване зварювання під шаром флюсу, механізоване зварювання в середовищі вуглекислого газу, слюсарні операції. Переміщення виробу виконують мостовим краном вантажопідйомністю 5 т.

Ділянка, що проектується, знаходиться на останньому прольоті цеху, тому освітлення здійснюється двома вікнами, розташованими в стіні будівлі, а також

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		53

вісьма світильниками, розташованими безпосередньо над ділянкою. Стіни цеху виконані із залізобетонних блоків, пофарбовані у світлі тони.

Завезення деталей у цех і вивезення готової продукції здійснюється через ворота (2 шт.) автомобільним транспортом, і навіть через одні ворота прокладено залізничне полотно, тобто, є можливість доставки та вивезення вантажів залізничним транспортом. Вхід у цех та вихід з нього здійснюється через двоє дверей.

На випадок пожежі цех оснащений запасним виходом та системою протипожежної сигналізації.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		54

## 4 БЕЗПЕКА ПРАЦІ

### 4.1 Аналіз виявлених небезпечних факторів виробничого середовища

Проведемо аналіз виявлених небезпечних факторів спроектованого виробничого середовища при виготовленні залізничної цистерни.

1. Ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання зварювальної дуги, а також інфрачервоне випромінювання зварювальної ванни та металу, що зварюється [17].

У виробничій обстановці робітники, перебуваючи поблизу розплавленого або нагрітого металу, гарячих поверхонь піддаються впливу теплоти, що випромінюється цими джерелами. Променевий потік теплоти, крім безпосередньої дії на робочих, нагріває підлогу, стіни, устаткування, у результаті температура всередині приміщення підвищується, що погіршує умови роботи.

Горіння зварювальної дуги супроводжується випромінюванням видимих яскравих світлових променів та невидимих ультрафіолетових та інфрачервоних променів. Видимі промені засліплюють, тому, що яскравість їх перевищує фізіологічну переносиму дозу. Короткі ультрафіолетові промені навіть при короткочасному впливові можуть спричинити електроофтальмію. Інфрачервоні промені головним чином мають тепловий ефект, їх інтенсивність залежить від потужності дуги.

Теплова радіація на робочому місці може загалом становити 0,5-6 кал/см<sup>2</sup>·хв [17].

2. Захист від зварювальних випромінювань.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		55

Для захисту очей та обличчя зварювальників використовуються спеціальні щитки та маски. Для захисту очей від видимої частини спектру випромінювання, що засліплює, ультрафіолетових та інфрачервоних променів в окулярах і масках повинні застосовуватися захисні світлофільтри. Марка світлофільтра вибирається в залежності від сили зварювального струму. У нашому випадку застосуємо скла серії ЕЗ (200-400 А). [17]

Маска з фібри захищає обличчя, шию від бризок розплавленого металу та шкідливих випромінювань зварювальної дуги.

Спецодяг за ГОСТ 12.4.250-2013 – костюм та штани, а також рукавиці, виготовляються з брезенту та служать для захисту тіла і рук від бризок зварювання та теплового випромінювання.

Для захисту ніг зварювальників використовують спеціальні черевики, що виключають попадання іскор та крапель розплавленого металу. Перелік засобів індивідуального захисту, що є на спроектованій ділянці, наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Засоби індивідуального захисту, наявні на ділянці, що проектується [17].

Найменування засобів індивідуального захисту	Документ, що регламентує вимоги до засобів індивідуального захисту
Костюм брезентовий для зварника	ТУ 17-08-327-91
Черевики шкіряні	ГОСТ 27507-90
Рукавиці брезентові (краги)	ГОСТ 12.4.010-75
Рукавиці діелектричні	ТУ 38-106359-79
Щиток захисний для е/зварника НН-ПС 70241	ГОСТ 12.4.035-78
Куртка бавовняна на утепленій підкладці	ГОСТ 29.335-92

Для захисту рук від бризок та променевої енергії застосовують брезентові рукавиці.

Щоб уникнути затікання розпечених бризок, костюми повинні мати гладкий край, а штани необхідно носити навипуск.

Для захисту робітників застосовуються ширми.

### 3. Електричний струм.

На даній ділянці використовують різне зварювальне обладнання. Його робота здійснюється при підключенні до мережі змінного струму з напругою 380 В.

Загальні вимоги щодо безпеки до виробничого обладнання передбачені ГОСТ 12.2.003-81. У них визначено вимоги до основних елементів конструкцій, органів управління та засобів захисту, що входять до конструкції виробничого обладнання будь-якого виду та призначення.

### 4. Електробезпека.

На ділянці складання та зварювання застосовуються штучні заземлювачі – вертикально забиті сталеві труби (4 шт.) завдовжки 2,5 м та діаметром 40 мм.

Опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 4 Ом.

На ділянці використовують контурне заземлення – по периметру площі розміщують оціночні заземлювачі.

Для зв'язку вертикальних заземлювачів використовують сталь в смугах перерізом 4x12 міліметрів. [17]

## 4.2 Розробка методів захисту від шкідливих та небезпечних факторів

Для захисту тіла застосовуються вогнестійкий спецодяг (брезентові костюми або бавовняні з вогнестійким просоченням).

Захист від рухомих механізмів.

Для захисту працюючих від рухомих механізмів передбачено таке:

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		57

- проходи: між обладнанням, рухомими механізмами та деталями, що переміщуються, а також між постами – не менше 1 м; між автоматичними зварювальними постами – не менше 2 м;
- вільна площа на один зварювальний пост – не менше 3 м;
- при експлуатації підйомно-транспортних пристроїв застосовувати огороження всіх рухомих і обертових частин механізмів;
- правильна фіксація корпусу цистерни на пристосуваннях, а також контроль за правильністю стропування;
- контроль за своєчасністю атестації оснащення, вантажопідйомних засобів та стропів. [17]

#### 4.3 Захист у надзвичайних ситуаціях

На ділянці можливе виникнення пожежі. Тому спроектована ділянка обладнана спеціальними засобами пожежогасіння:

- пожежними водопровідними вентилями (не можна гасити електроустановки під напругою) – 2 шт.;
- вогнегасник ОХП-10 (для гасіння пожежі, що розпочинається, твердих горючих матеріалів, легкозаймистих і горючих рідин) – 2 шт.;
- вогнегасник вуглекислотний ОУ-5 (для гасіння горючих рідин, електроустановок тощо) – 2 шт.;
- ящик із сухим та чистим піском (для гасіння різних видів займання). [17]

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		58

## ВИСНОВКИ

У цій випускній кваліфікаційній роботі бакалавра з метою інтенсифікації виробництва, підвищення якості продукції, що виготовляється, зниження собівартості її виготовлення розроблено технологію складання та зварювання корпусу залізничної цистерни.

В даній роботі наведено обґрунтування вибору способу зварювання, зварювальних матеріалів та обладнання, проведено розрахунок елементів пристосувань.

Складання листових заготовок циліндричної частини цистерни виконуються на спеціалізованому стенді. Для виконання поздовжніх швів листових полотнищ застосовано зварювальний автомат А-384.

Установка для зварювання листових заготовок цистерни дозволяє забезпечити формування зворотного валика зварного шва за рахунок мідної підкладки.

Для зварювання кільцевих зварних з'єднань цистерни застосовано зварювальний стенд з зварювальною головкою А-384.

Для складання-зварювання корпусу залізничної цистерни застосовано складально-зварювальне пристосування з гвинтовими та пневматичними притискачами, розраховані режими зварювання, розроблений технологічний процес заготівельних та складально-зварювальних операцій.

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		59

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кривов Г.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник / Г.О.Кривов, К.О.Зворикін. - К.: КВІЦ, 2012. - 896 с.Петров О. Зварювання металів. - Київ, Видавництво "Техніка", 2010. - 320 с.
2. Васильєв М. Основи технології зварювання. - Львів, Видавництво "Світ", 2015. - 256 с.
3. Виробництво зварних конструкцій: Практикум (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,59 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 114 с.
4. Мельник Л. Зварювальні технології металів та сплавів. - Київ, Видавництво "Наукова думка", 2012. - 416 с.
5. Матвієнків О.М. Виробництво зварних конструкцій: курсове проектування / О.М. Матвієнків, Р.Т. Біщак. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. - 24 с.
6. Матвієнків О. М. Виробництво зварних конструкцій: лаб. практикум / О.М. Матвієнків, Р.Т. Біщак. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2024. - 60 с.
7. Черній О. Зварювання конструкцій зі сталі. - Харків, Видавництво "Основа", 2017. - 368 с.
8. Володимиров В. Зварювання. Технологія та обладнання. - Київ, Видавництво "Академвидав", 2014. - 224 с.
9. Хвалько О. Електрозварювання. - Львів, Видавництво "Світ", 2019. - 288 с.
10. Величко Г. Технологія зварювання. - Київ, Видавництво "Видавничий дім "Університетська книга", 2016. - 352 с.
11. Ігнатенко І. Зварювальні роботи: технологія і організація. - Харків, Видавництво "Основа", 2018. - 416 с.

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		60

12. Марчук В. Зварювання металоконструкцій. - Київ, Видавництво "Техніка", 2013. - 288 с.
13. Жуков О. Зварювання та контроль якості зварювання. - Київ, Видавництво "Логос", 2011. - 352 с.
14. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст]: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с. – ISBN 966-8458-58-3.
15. Проектування технологічних процесів зварювального виробництва: Практичні заняття [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,27 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 87 с.
16. Яворський А.В. Контроль якості зварювання: Конспект лекцій/ А.В. Яворський, В.Д. Миндюк - Івано-Франківськ: Факел, 2006. – 21-56 с.
17. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник / О.Г. Левченко. – К.: Основа, 2010 – 240 с.

					КРБ.ЗТ-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		61

## ДОДАТКИ

					КРБ.3Т-54.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		62