

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико-технічний, інженерно-фізичний

(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему: «Розробка технології виготовлення резервуара підвищеної
надійності для експлуатації в умовах низьких температур з проєктуванням
дільниці»

Виконав: студент 5 курсу, групи ІФ-419м

Спеціальності 131 Прикладна механіка,

Освітня програма (спеціалізація)

Відновлення та підвищення

зносостійкості деталей і конструкцій

Жмурко Микита Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник Білоник Ігор Методійович

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

2020 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

итут, факультет НУ «Запорізька політехніка», ІФ
 едра ОТЗВ

пінь вищої освіти магістр

ціальність 131 Прикладна механіка
 (код і найменування)

ітня програма (спеціалізація) Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і
струкцій

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Овчинников
Олександр Володимирович

«17» 12 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Жмурко Микита Володимирович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

ема проєкту (роботи) Розробка технології виготовлення резервуара підвищеної
йності для експлуатації в умовах низьких температур з проєктуванням ділянки

вник проєкту (роботи) Білоник Ігор Методійович, к.т.н., доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

ерджені наказом закладу вищої освіти від «30» листопада 2020 року № 364

рок подання студентом проєкту (роботи)

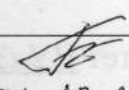
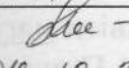
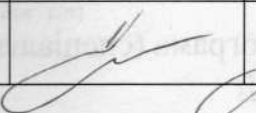
вихідні дані до проєкту (роботи) Креслення резервуара, матеріал, виробнича
рама (1000 шт.)

іст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
іл 1. Аналіз вихідних даних; Розділ 2. Розробка технологічного процесу
товлення резервуара; Розділ 3. Проектно-конструкторські розробки; Розділ 4.
іко-економічні розрахунки ділянки; Розділ 5. Охорона праці та безпека у
вичайних ситуаціях.

ерелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

ервуар, вибір матеріалу, лазерна головка, зварювальний робот, установка для
дання поздовжніх швів обичайок, установка для зварювання поздовжніх та
евих швів обичайок, установка для складання-зварювання днища та кришки з
айкою, техніко-економічні показники, план ділянки.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, завдання видав	
		Підпис	Дата
1-3	Білоник І.М., к.т.н., доцент, викладач каф. ОТЗВ		01.10.2020
4	Кругликова В.В., к.е.н., доцент, викладач каф. ПТБД		04.10.2020
5	Нестеров О.В., к.т.н., доцент, завідувач каф. ОПіНС		

7. Дата видачі завдання « 1 » вересня 2020 року.

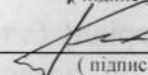
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)
1	Вступ	04.09.20
2	Аналіз літературних джерел	09.09.20
3	Аналіз та вибір матеріалів для виготовлення резервуара	13.09.20
4	Аналіз та вибір способу зварювання	20.09.20
5	Аналіз технології складання-зварювання на базовому підприємстві та розробка альтернативної	25.09.20
6	Вибір обладнання та оснащення	30.09.20
7	Проектно-конструкторські розробки	05.10.20
8	Робота з графічними матеріалами (креслення)	18.10.20
9	Економічний розрахунок дільниці	18.11.20
10	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	24.11.20
11	Формування висновків з магістерської роботи	28.11.20
12	Оформлення магістерської роботи, нормоконтроль	29.11.20
13	Розробка доповіді до захисту	04.12.20
14	Подання роботи до захисту	09.12.20

Студент

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)


(підпис)

ЖМУ
(прізвище та

Біл
(прізвище та

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 105 с., 28 табл., 15 рис., 2 додатки, 32 джерела.

**РЕЗЕРВУАР, ОБИЧАЙКА, СТАЛЬ, СМТ ЗВАРЮВАННЯ, ПЛАЗМОВЕ
ЗВАРЮВАННЯ, ЛАЗЕРНЕ ЗВАРЮВАННЯ, РОБОТ, ЛАЗЕРНА ГОЛОВКА,
РЕЖИМИ, КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ.**

Об'єкт дослідження - технологія виготовлення вертикального резервуара для зберігання нафтопродуктів.

Мета роботи – розробка технології виготовлення резервуара підвищеної надійності для експлуатації в умовах низьких температур з проектуванням ділянки для складання і зварювання.

У даній роботі приведені технологічні умови для матеріалу заготовок, зварювальні матеріали та складально-зварювальні операції . Проведено аналіз та вибір матеріалу, способу зварювання, визначені оптимальні параметри режиму зварювання. Спроектовані установки для виконання складально-зварювальних операцій. Виконано техніко-економічне обґрунтування наведених розробок. Передбачені заходи з охорони праці, техніки безпеки та цивільної оборони.

ABSTRACT

Explanatory note: 105 pages, 28 tables, 15 drawings, 2 enclosures, 32 springs.

TANKS, SHELLS, STEEL, CMT WELDING, PLASMA WELDING, LASER WELDING, ROBOT, LASER HEAD, MODES, QUALITY CONTROL.

The object of the research is the technology of manufacturing a vertical tank for storing petroleum products.

The purpose of the work is to develop a technology for manufacturing a tank with increased reliability for operation at low temperatures with the design of a site for assembly and welding.

In this paper, the technological conditions for the material of the workpieces, welding consumables and assembly and welding operations are given. The analysis and selection of material, welding method, determined optimal parameters of the welding mode are carried out. Installations for assembly and welding operations have been designed. A feasibility study of the above developments has been completed. Measures are provided for labor protection, safety and civil defense.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 Аналіз вихідних даних.....	9
1.1 Вихідні дані.....	9
1.2 Актуальність проблеми	11
1.3 Аналіз можливо виникаючих дефектів резервуарів з нафтопродуктами ..	12
1.4 Аналіз загроз і ризиків працездатності в умовах низьких температур	13
1.5 Аналіз та вибір матеріалів для виготовлення резервуара.....	15
1.5.1 Морозостійкі сталі	15
1.5.2 Низьковуглецеві феритні сталі	16
1.5.3 Високоміцні сталі.....	18
1.6 Аналіз та вибір способу зварювання.....	19
1.6.1 Зварювання з холодним перенесенням металу.....	21
1.6.2 Плазмове зварювання	22
1.6.3 Лазерне зварювання.....	24
2 Розробка технологічного процесу виготовлення резервуара	26
2.1 Аналіз технології складання-зварювання на базовому підприємстві	26
2.2 Альтернативний технологічний процес складання-зварювання резервуара	28
2.3. Вибір параметрів режиму зварювання.....	31
2.4 Вибір обладнання та оснащення.....	33
2.4.1 Вибір зварювального лазера	34
2.4.2 Вибір роботи для зварювання кільцевих та поздовжніх швів.....	41
2.5 Контроль якості	51
3 Проектно-конструкторські розробки	53
3.1 Проектування нестандартного обладнання.....	53
3.2 Опис установок для складання-зварювання і принцип їх роботи	54
3.3 Технічне нормування технологічних операцій і розрахунок трудомісткості робіт	57
4 Техніко-економічні розрахунки ділянки	58

4.1	Опис ідеї проекту	58
4.2	Організація виробництва продукції	61
4.3	Основні фонди ділянок.....	63
4.4	Розрахунок чисельності персоналу ділянки.....	65
4.5	Планування витрат на виробництво.....	67
4.5.1	Матеріальні витрати	67
4.5.2	Вартість основних засобів.....	69
4.5.3	Фонд оплати праці	70
4.5.4	Собівартість виробу.....	73
4.5.5	Економічне обґрунтування запропонованої розробки.....	75
4.5.6	Ефективність і результативність	76
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	78
5.1	Аналіз потенційних небезпек.....	78
5.2	Заходи забезпечення безпеки.....	80
5.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	84
5.4	Заходи з пожежної безпеки	86
5.5	Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	87
	Висновки	90
	Перелік джерел посилань	91
	Додаток А "Специфікації"	95
	Додаток Б "Маршрутна карта".....	101

ВСТУП

Зберігання нафтопродуктів в умовах низьких температур пов'язане з великими ризиками по ряду причин. Це перш за все суворі природні умови, коли під дією природних і хімічних факторів зношення стінок і днища резервуарів відбувається набагато швидше, ніж, наприклад, в середніх широтах. Дизельне паливо відноситься до рідин середньої агресивності, і його контакт зі стінками і днищем резервуара викликає процес корозії. Для усунення контакту з дизельним паливом стінки і днище резервуарів обробляють спеціальним покриттям, проте в умовах низьких температур воно не завжди буває якісним, і при цьому виробник покриття гарантує його ефективність протягом не більше 10 років.

В даний час виготовлення резервуарів для зберігання нафтопродуктів - це безперервний енергоємний виробничий процес.

У зв'язку з цим, на підприємствах прагнуть, щоб технологічний процес складання, зварювання резервуара не тільки забезпечував отримання надійних зварних з'єднань і конструкцій, але і допускав максимальну ступінь комплексної механізації та автоматизації всього виробничого процесу виготовлення виробу, а також був економічно вигідним за витратами електроенергії, зварювальних матеріалів і витрат людської праці.

Такі технологічні завдання вирішуються на основі використання розрахункових аналітичних методів проектування технологічного процесу зварювання та вміння конструктора максимально механізувати й автоматизувати технологічний процес виготовлення виробу.

У зв'язку з цим, дана робота спрямована на модернізацію базового технологічного процесу виготовлення резервуара, скорочення часу виготовлення і зниження його собівартості.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Вихідні дані

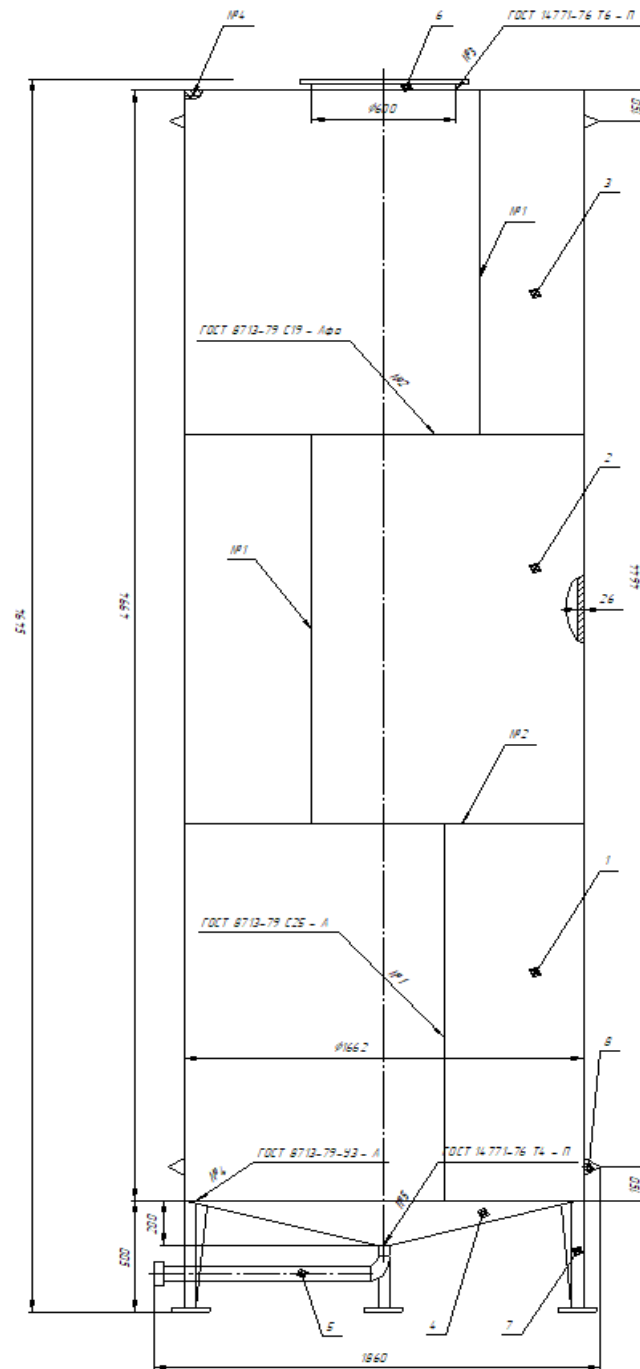
Вихідними даними для проекту є:

- креслення виробу, представлено на рис 1.1.
- технологія виготовлення резервуару на базовому підприємстві.
- програма випуску резервуарів 1000 шт/рік.

Дана типова конструкція є вертикальним резервуаром для зберігання нафтопродуктів (рис.1.1). розробником якої є "Акціонерна компанія з транспорту нафти "Транснефть". Конструкція резервуара визначена нормами проектування сталевих вертикальних резервуарів для зберігання нафтопродуктів об'ємом 1000 - 5000 м³ РД 16.01-60.30.00-КТН. [1]

Резервуар представляє вертикальну ємність, зварену листову металеву конструкцію, яка виготовляється зі сталі СтЗсп. Має циліндричну форму і складається з: верхньої, середньої та нижньої обичайки, днище, патрубок, люк з кришкою, 4 стропульваних рим.

Верхня, нижня і середня обичайка виготовляється одним діаметром (1662мм), але різної висоти (верхня - 1550мм, середня - 1747 мм, нижня - 1650 мм). Товщина листа обичайок - 26мм.



1 - нижня обичайка; 2 - середня обичайка; 3 - верхня обичайка; 4 - днище;
5 - патрубок; 6 - люк з кришкою; 7 - стійкі; 8 - стропульвані рими

Рисунок 1.1 - Резервуар вертикальний для зберігання нафтопродуктів

На базовому підприємстві передбачений спосіб зварювання під шаром флюсу. Для його реалізації, при товщині стінок обичайок 26мм попередньо виконують оброблення кромки.

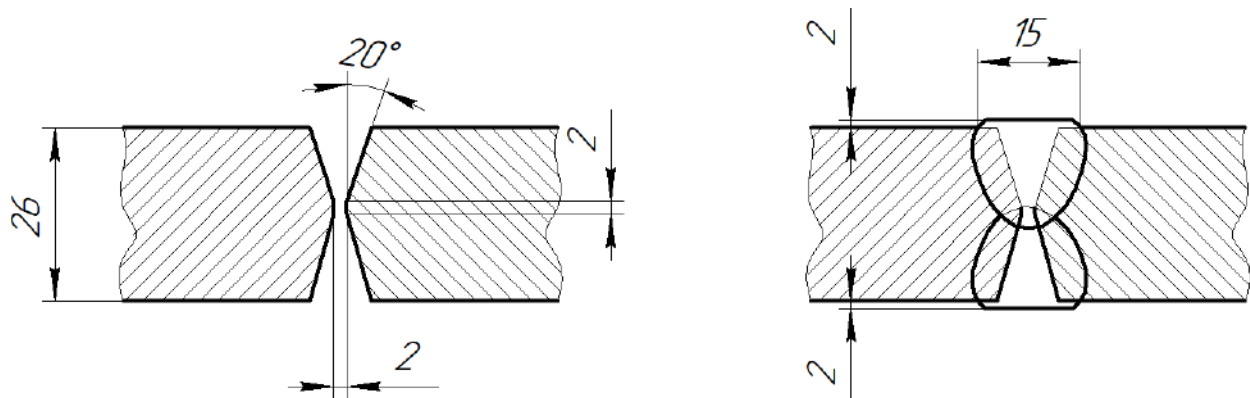


Рисунок 1.2 – Схема зварювання стикового з'єднання обичайок з обробленням кромки.

Як видно з рисунка 1.2, оброблення кромки вимагає досить великого зняття металу, що істотно здорожує процес виготовлення резервуара. Крім того, подальший процес зварювання зводиться до заповнення кромки присадним матеріалом, що вимагає значної витрати зварювальних матеріалів (дроту, флюсу та ін.).

1.2 Актуальність проблеми

Зберігання нафтопродуктів в умовах низьких температур пов'язане з великими ризиками по ряду причин. Це перш за все суворі природні умови, коли під дією природних і хімічних факторів зношення стінок і днища резервуарів відбувається набагато швидше, ніж, наприклад, в середніх широтах. Дизельне паливо відноситься до рідин середньої агресивності, і його контакт зі стінками і днищем резервуара викликає процес корозії. Для усунення контакту з дизельним паливом стінки і днище резервуарів обробляють спеціальним покриттям, проте в умовах низьких температур воно не завжди буває якісним, і при цьому виробник покриття гарантує його ефективність протягом не більше 10 років.[2]

Забезпечення експлуатаційної надійності резервуарів базується на виконанні наступних критеріїв:

- довговічності резервуара;
- працездатності резервуара;
- безвідмовності роботи резервуара;

Основні фактори, що забезпечують надійність і довговічність резервуарів це:

- правильно підібраний матеріал резервуару;
- досконала технологія збирання-зварювання;
- якість виготовлення матеріалів і комплектуючих;

Одним з найважливіших факторів підвищення надійності, є впровадження методів підвищення зносостійкості і довговічності, за рахунок правильно підібраних матеріалів і головне вибір способу зварювання резервуара.

1.3 Аналіз можливо виникаючих дефектів резервуарів з нафтопродуктами

Основними джерелами розвитку дефектів сталевих резервуарів для зберігання нафтопродуктів є зароджуваність зони концентрації напружень, в яких несприятливі для конструкції процеси у вигляді пластичної деформації, порушень цілісності металу, корозії та ін. протікають найбільш інтенсивно.

Статистичні дані свідчать про наступні причини, що викликали аварію резервуарів: проектні, заводські, монтажні та експлуатаційні.[3] Відповідно їх «внесок» в загальне число аварій представлений в процентах приблизно такими значеннями: 10-13-63-14. Експлуатаційні причини аварій можна уявити як впливу зовнішнього середовища і порушення правил експлуатації з боку персоналу, які можна розділити порівну. Особливу тривогу викликають дані про переважну частку причини аварій монтажних робіт, причому дефекти зварювальних робіт в них - понад 70%.

Причинами аварій резервуарів є:

- вплив зовнішнього середовища;
- наявність дефектів в матеріалі конструкції резервуару;
- порушення вимог проектної документації в результаті виконання монтажних робіт;
- помилки в проектній документації;
- недотримання режимів експлуатації;
- недотримання правил техніки безпеки.

1.4 Аналіз загроз і ризиків працездатності в умовах низьких температур

Обладнання, що використовується для зберігання і транспортування нафтопродуктів, і яке експлуатується при низьких температурах, потенційно небезпечно і є джерелом загроз і ризиків. У зв'язку з цим дуже важливо розробити технологію з підбором відповідного до вимог матеріалу та способу зварювання, і можливість подальшої безпечної експлуатації протягом певного часу.

Серед загроз і ризиків, які супроводжують експлуатацію резервуарів в умовах низьких температур, виділимо основні:

- корозійний знос днища і стінок в районі уторного шва всередині резервуара;
- втома металу, утворення тріщин в зварних швах і розшарування металу через знакозмінних навантажень і вібрації на елементах конструкції резервуару;
- зниження рівня пластичності металу внаслідок низьких температур;

Величина припуску товщини металу на корозію визначається агресивністю зберігаючого в резервуарі продукту. Дизельне паливо - середньоагресивна рідина. Згідно з довідковими даними, дизельне паливо зменшує товщину стінки

і днища резервуара для стали марки Ст3кп2 приблизно на 0,1 мм в рік. Для запобігання корозії внутрішні стінки резервуарів покривають захисним шаром. Однак гарантія на захисний шар не перевищує 10 років. Достатньо невеликих вад в покритті, щоб дизельне паливо вступило в контакт з металом, і тоді під захисним покриттям розвивається корозія.

Сучасні резервуари експлуатуються в режимі від повного наповнення раз на рік в період навігації і поступовим витратою палива до наступного наповнення. При цьому тиск на днище і стінки резервуара змінюється від максимального до мінімального, а це, в свою чергу, змінює напружено-деформований стан резервуара в цілому. Такі навантаження викликають втому металу, яка супроводжується виникненням і розвитком тріщин, в першу чергу в зварних швах.[4]

Корозійно-втомні тріщини мають жорстку прив'язку до напружень в першу чергу в районах зварних швів, подряпин, вм'ятин та інших дефектів на корпусі. Цей процес ускладнюється наявністю вібрації, яка виникає через турбулентність обтікаючого резервуар вітрового потоку.

Механічні властивості металів взаємопов'язані на рівні кристалічної решітки. Деформація кристалічної структури, зародження і розвиток дефектів супроводжуються зміною механічних і електрофізичних властивостей металу. Величина і характер цих змін суттєво впливають на фізико-механічні та корозійні властивості металу, викликаючи значні відхилення параметрів від їх вихідного стану. Це може призвести до суттєво економічних втрат через передчасного виходу з ладу резервуару та необхідності його заміни ще до вироблення нормативного терміну експлуатації. Особливо інтенсивно зміна структури металу, що включає в себе чергування стадій деформаційного зміцнення і знеміцнення, відбувається при дії змінних навантажень, причому ці зміни відрізняються складністю протікання. Цей факт за загальноприйнятою оцінкою втомної довговічності не враховується, тому при визначенні втомної довговічності металу необхідно ретельно вести облік стану їх тонкої структури протягом усього часу експлуатації.[5]

1.5 Аналіз та вибір матеріалів для виготовлення резервуара

Зберігання нафтопродуктів в умовах низьких температур викликає такі причини, коли під дією фізичних і хімічних факторів зношення стінок і днища резервуарів відбувається набагато швидше, ніж, наприклад, в середніх широтах, тому основними вимогами до матеріалу резервуару, що працює в умовах низьких температур є підвищення міцності і морозостійкості.

Для виготовлення резервуарів для роботи в умовах низьких температур використовується велика кількість матеріалів, які здатні працювати в температурах до -196°C . В наступних розділах розглянуто три види матеріалів, які відповідають заданим умовам: морозостійкі, низьковуглецеві та високоміцні сталі.

1.5.1 Морозостійкі сталі

Морозостійка група сталей призначена для роботи при температурах до -196°C . Залежно від складу і ступеня легування нижня межа робочої температури може становити -100 , -120 , -160 і -196°C . Довгий час для цих температурних умов роботи застосовували тільки сталі, що містять 3, 6 і 9% Ni і низьким вмістом вуглецю або аустенітні хромонікелеві сталі. Останнім часом в нашій країні і за кордоном з'явилися рекомендації щодо застосування для помірно низьких температур низьковуглецевих низьколегованих сталей з низьким вмістом нікелю до 1,5% і навіть без нікелевих. Для цих сталей також характерно дуже низький вміст вуглецю. Хімічний склад і механічні властивості морозостійких сталей занесені в табл.1.1 та 1.2.[6]

Таблиця 1.1 - Хімічний склад морозостійких сталей

Марка сталі	Вміст елементів, мас. %			
	C	Si	Mn	Ni
06НЗ	< 0.6	0.17-0.37	0.45-0.60	3.5-4
06Г2НАБ	0.036	0.26	1.62	0.81

Таблиця 1.2 - Механічні властивості морозостійких сталей

Марка сталі	Межа міцності, МПа	Межа плинності, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²
06НЗ	550	400	20	30
06Г2НАБ	650	530	23	20

Матеріали даної групи не доцільно використовувати для виготовлення резервуарів в умовах низьких температур, через занадто низький поріг температури.

1.5.2 Низьковуглецеві феритні сталі

Феритні сталі - це нержавіючі сталі, в яких основним легуючим елементом є хром. Зміст цього елемента в сплаві коливається від 11 до 30%.

Хромисті феритні сталі в багатьох агресивних середовищах перевершують по корозійній стійкості хромонікелеві аустенітні сталі, не схильні до корозійного розтріскування під напругою.

Хороша зварюваність хромистих феритних сталей забезпечується обмеженням в складі С і N, утворюючих тверді розчини впровадження. Сталі, з сумарним вмістом $\sim 0,020\%$ вуглецю і азоту, відрізняються високою пластичністю, ударною в'язкістю[6]

Хімічний склад і механічні властивості феритних сталей занесені в табл.1.3 та 1.4.

Таблиця 1.3 - Хімічний склад феритних сталей

Марка сталі	Вміст елементів, мас. %					
	C	Si	Mn	Cr	Al	Ni
08X13	< 0.08	< 0.08	< 0.08	12-14	-	<0.6
15X18СЮ	< 0.15	1 -1.5	< 0.08	17-20	0.7-1.2	-

Таблиця 1.4 - Механічні властивості феритних сталей

Марка сталі	Межа міцності, МПа	Межа плинності, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²
08X13	590	410	20	10
15X18СЮ	500	300	20	20

Враховуючи, що нафтопродукти не повинні викликати корозії, то не доцільно застосовувати матеріали даної групи для виготовлення резервуарів для зберігання дизельного палива.

1.5.3 Високоміцні сталі

Підвищення міцності та морозостійкості вирішується декількома шляхами: карбонітридним зміцненням сталі, термічною обробкою, контрольованої прокаткою, створенням малоперлітних і бейнітного сталей. Розглянемо метод карбонітридного зміцнення.[7]

Карбонітридним зміцнення сталей є спосіб впливу на їх структуру та властивості за допомогою утворення зміцнюючих дисперсних карбонітридних фаз при легуванні сталі ванадієм і ніобієм в поєднанні з підвищеним вмістом азоту. Головними факторами карбонітридного зміцнення є дисперсійне зміцнення і подрібнення аустенітного і дійсного зерна сталі.

Сталі з карбонітридним зміцненням володіють найвищою міцністю і найменшою температурою переходу з в'язкого стану в крихкий. Найбільш широке застосування знайшла сталь 12Г2СМФ. Хімічний склад і механічні властивості сталі 12Г2СМФ занесені в табл.1.5 та 1.6.[8]

Таблиця 1.5 - Хімічний склад сталі 12Г2СМФ

Марка сталі	Вміст елементів, мас. %					
	C	Si	Mn	N	V	Mo
12Г2СМФ	0.00-0.15	0.4-0.7	1.3-1.7	0.02- 0.03	0.07 - 0.15	0.15-0.25

Таблиця 1.6 - Механічні властивості сталі 12Г2СМФ

Марка сталі	Межа міцності, МПа	Межа плинності, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см ²
12Г2СМФ	700	600	14	35

Досягається при цьому економія металу в порівнянні з його витратою на конструкції зі звичайної низьколегованої сталі тип 10Г2С становить від 15% до 30%, а в порівнянні з конструкційними вуглецевими сталями Ст3 - від 30% до 50%. За рахунок того, що межа міцності сталі 12Г2СМФ в порівнянні зі сталлю Ст3 в 1.5 рази більша, товщини стінки резервуара можна зробити в 1.5 рази менше, що додатково додає економічні переваги. Тобто приймаємо товщину стінки резервуару 18 мм.

Отже проаналізувавши три групи матеріалів, найбільш доцільно і економічно обґрунтовано є використання високоміцної сталі 12Г2СМФ.

1.6 Аналіз та вибір способу зварювання

Високоміцні сталі відрізняються підвищеною схильністю до утворення холодних тріщин в околшовній зоні. Щоб міцність металу шва і основного металу відповідали один одному, в ньому потрібно знизити вміст вуглецю і ввести деяку кількість легуючих елементів, а це може призвести до утворення гарячих і холодних тріщин вже в металі шва. Тому отримання якісного зварного з'єднання з властивостями, рівноцінними властивостями основного металу, досить скрутний. Через зварювального нагріву і швидкого охолодження важко гарантувати отримання пластичності і в'язкості литого металу шва на рівні основного металу. Проблема вирішується застосуванням різних технологічних прийомів, відповідних зварювальних матеріалів, способів і режимів зварювання.

Підвищений вміст вуглецю і легуючих елементів, необхідний високий рівень механічних властивостей зварних з'єднань викликають такі специфічні труднощі, що виникають при зварюванні цих сталей:

- складно попередити виникнення холодних тріщин в околшовній зоні;
- важко запобігти виникненню кристалізаційних тріщин в металі шва, обумовлені підвищеним вмістом вуглецю і деяких легуючих елементів;
- неможливо отримати метал шва, околшовної зони і зварного з'єднання, в цілому рівноцінний за властивостями основного металу.

Вирішальний вплив на стійкість високоміцних сталей проти холодних тріщин надають перегрів околшовної зони, температурний інтервал мартенситного перетворення в цій зоні, швидкість охолодження околшовної зони і металу шва в цьому температурному інтервалі.[9]

Чим менше перегрів, повільніше охолодження і вище температура мартенситного перетворення, тим менше порушення атомної будови на границях зерен і тим більше ускладнюється зародження мікротріщин. Чим вище пластичність мартенситу, тим менше ймовірність розвитку холодних тріщин. Виникнення холодних тріщин ускладнюється ще й тим, що при підвищенні температури мартенситного перетворення і при уповільненому охолодженні зменшується перепад поздовжніх зварювальних напруг на границях околшовної зони.

Основним фактором, який впливає на стійкість металу шва проти утворення гарячих тріщин, є його хімічний склад. Вкрай несприятливий вплив надає сірка, утворює легкоплавкі евтектики. Істотно сприяє підвищенню схильності до утворення гарячих тріщин зростання кількості вуглецю в сталі, так як вуглець зменшує розчинність сірки в рідкій сталі, сприяючи виділенню сульфідів по границях зерен. При зміні змісту вуглецю істотно змінюється ступінь дендритної неоднорідності розподілу сірки.

Однак зниження вмісту вуглецю в металі шва з метою підвищення стійкості проти утворення гарячих тріщин не допускається, так як при цьому

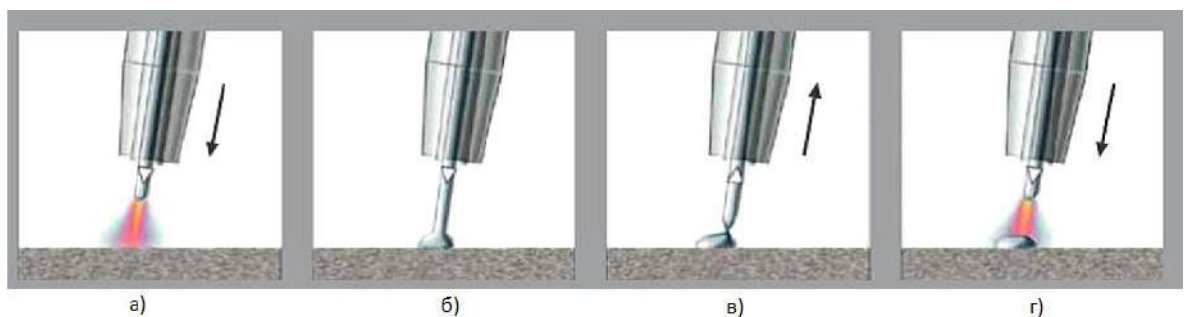
втрачається основна властивість даних матеріалів - висока міцність. Ефективним шляхом боротьби з гарячими тріщинами є зниження вмісту сірки в металі шва. Для цього використовуються оксиди марганцю і кальцію.[10]

Виходячи з вимог низького температурного вкладення, для високоміцних сталей можна використовувати наступні варіанти зварювання:

- зварювання з холодним перенесенням металу;
- плазмове зварювання;
- лазерне зварювання;

1.6.1 Зварювання з холодним перенесенням металу

В основі технології CMT (Cold Metal Transfer) лежить принцип дугового зварювання короткозамкненою дугою - або, точніше кажучи, принцип планового систематичного переривання такої дуги (рис 1.4).



а) - У фазі горіння дуги присадочний матеріал переноситься в зварювальну ванну.

б) - При зануренні присадочного матеріалу в ванну дуга гасне. Зварювальний струм зменшується.

в) - Зворотний рух дроту сприяє відриву краплі під час короткого замикання. Струм короткого замикання підтримується на низькому рівні.

г) - Напрямок руху дроту змінюється і процес починається заново.

Рисунок 1.4 – Принцип Cold Metal Transfer

Результатом є послідовність з «гарячих-холодних-гарячих-холодних» імпульсів. Таке чергування «холодних-гарячих» імпульсів дозволяє значно знизити тиск дуги. При використанні традиційної технології дугового зварювання короткозамкненою дугою, електрод деформується в міру занурення в зварювальну ванну і різко розплавляється під впливом високого зварювального струму, характерного для фази короткого замикання при зварюванні на короткій дузі. Технологія СМТ, навпаки, характеризується широким технологічним вікном, що дозволяє забезпечити високу стійкість процесу. Існує три важливі критерії, що відрізняють технологію СМТ від добре знайомої технології дугового зварювання короткозамкненою дугою:

- система контролю переміщення дроту інтегрована в цифровий пристрій управління технологічним процесом;
- знижений коефіцієнт температурного вкладення;
- розбризкування в процесі перенесення металу мінімізовано.

Даний спосіб зварювання відповідає основній вимозі - низькому тепловкладенню, але незважаючи на всі переваги, через велику товщину (18мм) деталі, що зварюється даний спосіб зварювання неприйнятний.

1.6.2 Плазмове зварювання

Плазмове зварювання - зварювання, джерелом енергії при якій є плазмовий потік (рис. 1.5).

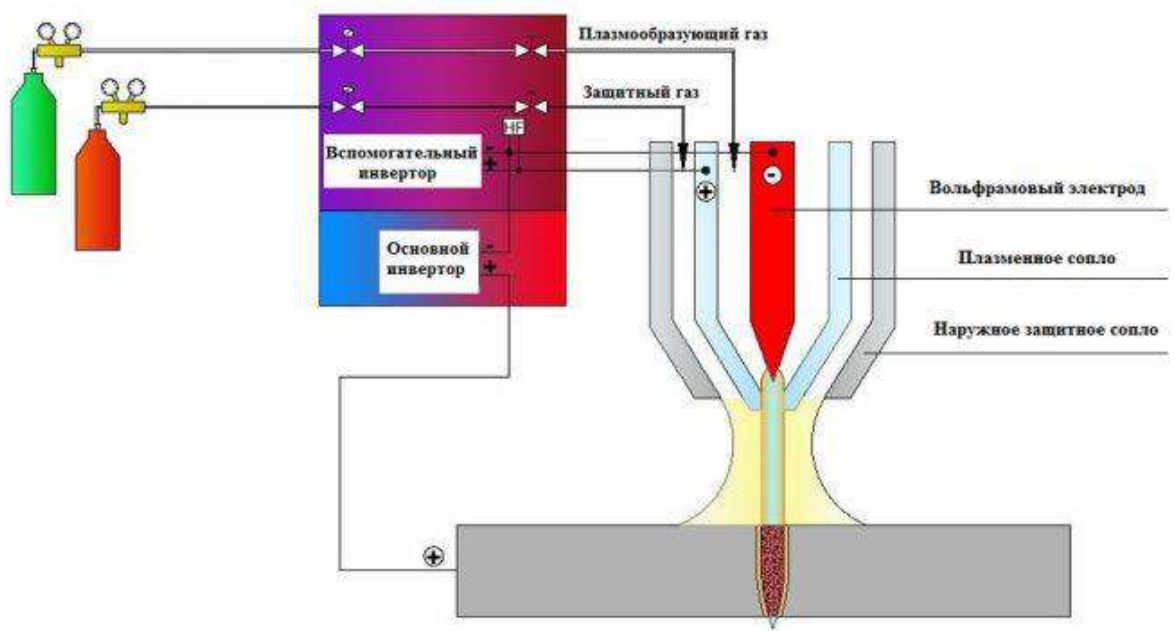


Рисунок 1.5 – Принцип плазмового зварювання.

Використовується для зварювання нержавіючих сталей, вольфраму, молібдену, сплавів нікелю в авіаційній промисловості, приладобудуванні. Плазмове зварювання характеризується глибоким проплавленням металу, що дозволяє зварювати металеві листи товщиною до 10 мм без оброблення кромки. Виконується в будь-якому положенні в просторі.

Температура в плазмовій дузі досягає 30000 °С, на відміну від плазми електричної дуги, температура якої – від 5000 °С до 7000 °С. Зварювання на великих токах відбувається з повним проплавленням металу. Можливе зварювання великої товщини за один прохід, без оброблення крайок, що дозволяє економити виробничий час, що витрачається на підготовку кромки і час, що витрачається на кілька проходів.

Зварювання плазмовою дугою на відміну від дугової електричної має такі переваги:

- в плазмовому зварюванні процес зварювання менш чутливий до зміни довжини електричної дуги;
- процес протікає з більшою температурою;
- має менший діаметр дуги, яка має циліндричну форму;

Плазмове зварювання краще відповідає вимогам, аніж зварювання с холодним перенесенням металу, але при великих товщинах (більше 9мм) потребує обробки кромek, що призведе до більшого температурного вкладення, що не є допустимим для нашого випадку.

1.6.3 Лазерне зварювання

Лазерне зварювання - зварювання з використанням лазера в якості енергетичного джерела.

Сутність лазерного процесу зварювання полягає в наступному: лазерне випромінювання направляється в фокусуючу систему, де фокусується в пучок меншого перетину і потрапляє на деталі, що зварюються, де частково відбивається, частково проникає всередину матеріалу, де поглинається, нагріває і розплавляє метал, формуючи зварений шов (рис. 1.6).[1]

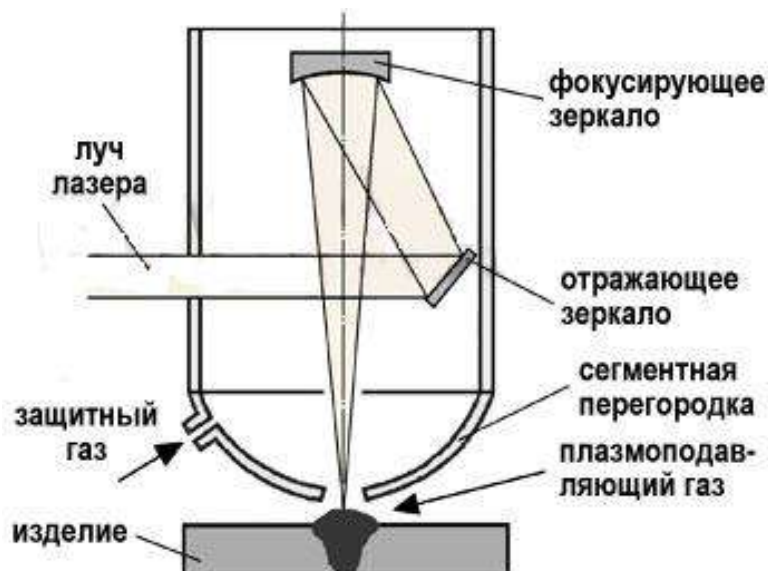


Рисунок 1.5 – Принцип лазерного зварювання.

Лазерне зварювання здійснюють наскрізним і частковим проплавленням в будь-якому просторовому положенні. Зварювання проводиться безперервним або імпульсним випромінюванням. [12]

При імпульсному лазерному випромінюванні зварений шов утворюється звареними крапками, їх перекриттям від 30% до 90%. Сучасні зварювальні установки з твердотільними лазерами проводять шовне зварювання зі швидкістю до 5 мм/с з частотою імпульсів близько 20 Гц.[13]

Переваги лазерного зварювання:

- не потребує обробленню кромки;
- не потребує присадного матеріалу;
- зварювання без правок або механічної обробки;
- мінімальні температурне вкладення і викривлення металу (в порівнянні з іншими методами);
- висока швидкість зварювання і продуктивність робіт;
- висока екологічна безпека в порівнянні з традиційною зварюванням.

Отже проаналізувавши лазерне зварювання, даний спосіб відповідає найважливішому параметру - мінімальне температурне вкладення, не потребує обробленню кромки, не потребує присадного матеріалу, що в свою чергу дає економічний ефект.

За рахунок цього, для виготовлення резервуару з матеріалу 12Г2СМФ найбільш вигідним є лазерний спосіб зварювання.

2 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ РЕЗЕРВУАРА

2.1 Аналіз технології складання-зварювання на базовому підприємстві

Весь технологічний процес складання-зварювання резервуара на базовому підприємстві наведено у вихідних даних (див. п.1.1), тому нижче розглянемо основні етапи виготовлення.

На першому етапі здійснюється складання-зварювання окремо зварювання нижньої, середньої і верхньої обичайок, при тому нижня обичайка надходить в зборі з днищем і патрубком. Прихватка стикових з'єднань і зварювання кореня шва виконується напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів Автоматичне зварювання (зварювальним дротом Св-08Г2С) обичайок з внутрішньої сторони здійснюють трактором в середовищі захисного газу, а зварювання із зовнішнього боку - автоматом в середовищі захисних газів. Щоб уникнути дефектів зварних з'єднань на торцях всіх обичайок приварюють, вивідні планки. Після зварювання їх відрізають і зачищають зону зварного з'єднання і прилеглі зони від шлаку і бризок розплавленого металу.

Складання-зварювання нижньої обичайки з днищем і патрубком здійснюється також на окремому складально-зварювальному стенді. Всі операції зварювання: приварка патрубка до днища, приварка днища до нижньої обичайки (з прихватами, проварюванням кореня шва, зварювання внутрішньої і зовнішньої сторони) здійснюють ручним дуговим способом електродами УОНИ-13/55.

На другій стадії відбувається складання-зварювання всіх складових обичайок (з провареним стиковим швом, а нижня в збірці з днищем і патрубком) резервуара. На складальний стенд надходять всі обичайки і зварювання здійснюється в наступній послідовності:

а) Нижня обичайка з привареним днищем і патрубком з'єднується з середньою. Прихватка і проварювання кореня шва ручним дуговим способом електродами УОНИ 13/55, зварювання стикового з'єднання з внутрішньої

сторони - трактором під шаром флюсу (дротом Св-08ГА), із зовнішнього , боку зварювання стикового з'єднання автоматом в середовищі захисних газів (дротом Св-08Г2С).

б). Нижня обичайка з днищем, патрубком і середньої обичайкою з'єднуються з верхньої обичайкою. Технологія зварювання аналогічно вищенаведеної.

в). До зібраних обичайок приварюють заздалегідь зварену кришку з люком (кришка з люком прихоплюється та зварюється на окремій ділянці ручним дуговим способом електродами УОНИ 13/55). Зварювання кришки верхній в зборі з верхньою обичайкою здійснюється тільки з зовнішнього боку ручним дуговим способом електродами УОНИ-13/55.

г). Приварка стропувальних рим здійснюється також ручним дуговим способом електродами УОНИ 13/55.

Основними недоліками базової технології є використання ручного дугового зварювання для прихваток і проварювання кореня шва. Використання ручного дугового зварювання вимагає високої кваліфікації зварника, витрат часу на зварювання і витрат на відходи при використанні зварювальних електродів, що відповідно сприяє збільшенню часу на виготовлення виробу та підвищення собівартості. Повна заміна ручної праці зварника на механізовані і автоматизовані технології сприятиме істотному збільшенню продуктивності процесу виготовлення виробу та підвищенню ступеня автоматизації та механізації зварювальних операцій, а також зниженню собівартості продукції. У зв'язку з цим, в даній роботі запропоновано використання лазерного зварювання.

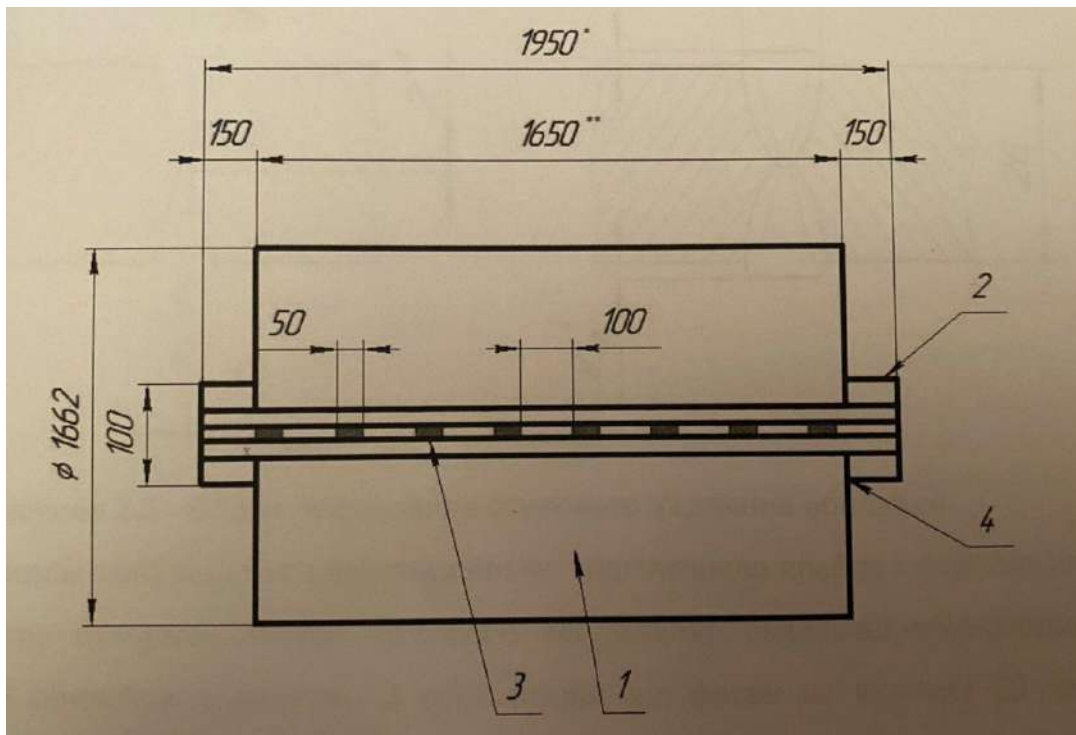
Друге, що можна було б модернізувати - це застосування автоматизованих способів зварювання і спеціального оброблення стику з'єднання, що дають можливість зварювання виробу з одного зовнішнього боку з повним проварюванням кореня шва. Тому на операції складання- зварювання обичайок запропоновано на кінцевій стадії (складання- зварювання верхньої обичайки з привареною кришкою і люком до вже звареної середньої та нижньої обичайками)

використовувати технологію автоматичного зварювання обичайок із зовнішнього боку на підкладці яка залишається.

2.2 Альтернативний технологічний процес складання-зварювання резервуара

Технологічний процес виготовлення резервуара складається з декількох стадій: складання-зварювання нижньої, середньої і верхньої обичайок, приварка днища та патрубка до нижньої обичайки, приварка люка та кришки до верхньої обичайки, зварювання обичайок між собою, а також приварювання стропувальних рим до обичайки верхньої і нижньої.

На першій стадії відбувається поетапне складання-зварювання. На складальний стенд надходять обичайка нижня з розміром 1662,0 мм, висота 1650 мм, товщиною стінки - 18 мм і по краях чотири фаски $12\pm 1\text{мм}\times 30^\circ\pm 2$. За допомогою розтискних кілець виставляється зазор $2,0\pm 1,0$ мм. З двох сторін від фасок на відстані 20мм проводиться зачистка зони, прилеглої до зварювання і знежирення ацетоном. Виконується прихватка вивідних планок (рис. 2.1) розміром $150\times 100\times 26$ мм. Використання вивідних планок запобігає утворенню кратерів і збільшує якість зварного з'єднання. Потім здійснюється зварювання стикового шва обичайки з внутрішньої сторони, а потім зварювання стикового з'єднання обичайки із зовнішнього боку. Після виконання всіх зварювальних робіт вивідні планки відрізаються і зачищаються обичайки від бризок, шлаку та окислів.



* - розміри для довідок

** - висота обичайки (верхня - 1550 мм, середня – 1747 мм, нижня – 1650 мм).

1 – обичайка, 2 – вивідна планка (товщиною 18 мм), 3 – прихоплений шов вивідної планки.

Рисунок 2.1 – Схема приварювання вивідних планок

Верхня і середня обичайка складається і зварюється аналогічно нижній. Розміри верхньої обичайки: 1662,0 мм, висота 1550 мм, товщиною стінки - 18 мм і по краях чотири фаски 12 мм×30°. Розміри середньої обичайки: 1662,0 мм, висота 1747 мм, товщиною стінки - 18 мм і по краях чотири фаски 12 мм×30°. Постановка прихваток та приварювання вивідних планок згідно рис.2.1.

Зварна середня обичайка надходить на ділянку складання-зварювання резервуара. Нижня обичайка надходить на ділянку складання-зварювання з днищем (в комплекті з патрубком).

Днище 1662,0 мм з двосторонньою підготовкою крайок і вирізаними по центру отворами 80 мм надходять на ділянку складання-зварювання нижньої обичайки з днищем. З двох сторін від фасок на відстані 20 мм виконується

зачистка зон прилеглих до зварювання і знежирення ацетоном. На столі встановлюється обичайка на днище, зазор не повинен перевищувати 2 мм, здійснюється прихватка днища до обичайки по колу, Довжина прихватки 50,0 мм, крок від 300 мм до 400 мм, висота прихваток 3,0 мм прихватка виконується із зовнішнього боку обичайки. Після виконання прихваток обичайка з днищем встановлюється в маніпулятор під кутом 30° до зварювального робота, виконують зварювання, а після цього деталь перевстановлюють і проварюють кільцевий шов з внутрішньої сторони. Після повного зварювання кільцевого шва виконують третє переустановлення, після чого виставляють патрубок, проводиться його прихватка до днища і зварювання кільцевих швів, після виконання всіх зварювальних робіт вивідні планки відрізаються і зачищаються обичайки від бризок, шлаку та окислів.

На другій стадії відбувається складання-зварювання всіх складових обичайок резервуара. На складальний стенд надходять обичайки: нижня з привареним днищем, середня і верхня з привареною кришкою по краях яких розташовані фаски $24\text{мм} \times 20^\circ$. З двох сторін від фасок на відстані 20 мм виконується зачистка зони, прилеглої до зварювання і знежирення ацетоном. Усередині обичайки встановлюється зачищена сталеві підкладка (ширина 20 мм, товщина 3 мм). За допомогою розтискних кілець встановлюється зазор 2,0 мм і одночасно притискається підкладка. Виконується прихватка підкладки з боку нижньої обичайки, довжина прихваток 30,0 мм, крок – 500 мм, висота прихваток 3,0 мм, довжина прихватки 50,0 мм, крок від 300 мм до 400 мм із зовнішнього боку з'єднують обичайки по кільцю. Складання верхньої обичайки з уже завареною кришкою і люком до зібраної середньої та нижньої обичайок проводиться таким же самим способом. Зварювання швів по кільцю обичайок резервуара здійснюють одночасно.

Після виконання всіх зварювальних робіт обичайки зачищаються від бризок, шлаку та окислів.

Фінішною операцією є приварка стропувальних рим згідно рис.1.1.

2.3. Вибір параметрів режиму зварювання

Встановлено, що при лазерному зварюванні при інтенсивності лазерного випромінювання $2 \cdot 10^6$ Вт/см² вдалося досягти швидкості зварювання $V_{св.} = 20$ м/хв. При цьому зі збільшенням швидкості зварювання більше 10 м/хв спостерігалось зменшення розмірів плазми над зварювальної каверною, а на швидкості зварювання понад 20 м/хв стабільність формування зварного шва стала нестійкою. При швидкості зварювання від 25 м/хв до 27 м/хв періодично стало спостерігатися зникнення світіння плазми. І в місцях її зникнення припинялися і плавлення металу, і формування зварного шва. Збільшення інтенсивності вище 10^7 Вт/см² дозволило довести швидкість зварювання до 60 м/хв.

Ці дані ще раз підкреслюють, що варіюванням швидкості зварювання можна впливати на температуру плазми і забезпечувати найбільш ефективно використання енергії лазерного випромінювання на плавлення металу, мінаючи його поглинання і розсіювання плазмою.

У роботах досить повно представлені умови, при яких лазерне зварювання протікає стабільно з якісним формуванням зварного з'єднання, і в яких випадках відбувається плазмовий пробій, що приводить до екранізації лазерного випромінювання СО₂-лазерів. При лазерному зварюванні сталей великої товщини швидкість зварювання може змінюватися в більш вузьких межах - від 1 до 5 м/хв. При цьому необхідна інтенсивність лазерного випромінювання забезпечувати в межах $(2-5) \cdot 10^6$ Вт/см². Встановлено, що зварювальний каверна при лазерному зварюванні існує безперервно протягом всього часу подачі лазерного випромінювання і ніяких процесів її схлопування не відбувається.

Температура плазми зварювальної каверні при зварюванні СО₂-лазерами, заміряна на відстані 1 мм над поверхнею металу, досягає в He-середовищі - 11000К, в Ar-середовищі - 15000К. На великих товщинах швидкість зварювання впливає на температуру плазми не в такій мірі, як при зварюванні малої товщини

металу. Встановлено, що спроби збільшити інтенсивність лазерного випромінювання понад $(6-10) \cdot 10^6$ Вт/см² призводять до активізації процесу поглинання лазерного випромінювання плазмою, розбризкування рідкого металу зі зварювальної каверни і при зростанні температури плазми в каверні глибина проплавлення металу зменшується. Пороговою температурою плазми каверни є величина приблизно від 16000 К до 22000 К. При цих температурах плазми каверни процес проплавлення вуглецевої сталі припиняється. Зварювальний каверна зникає, плазма горить над поверхнею металу, і велика частина підведеної енергії лазера поглинається плазмою.

Слід зазначити, що при впливі на плазму каверни, яка виступає над поверхнею металу приблизно на 2-3 мм, тонкого струменя газу, наприклад He, відбувається охолодження плазми каверни не тільки у верхній частині, а й по всьому каналу каверни, так як швидкість поширення температури в плазмі в режимі світлового горіння, що виникає при $I = (0,1-10) \cdot 10^6$ Вт/см², становить 1-100 м/с. Внаслідок цього плазма каверни активно охолоджується, вона стає більш прозорою для променю, і процес зварювання протікає з більш глибоким проплавленням. Але важливо при цьому не допускати кипіння металу в зварювальної каверні, яке призводить до його розбризкування та погіршення формування зварного шва, появи пір, подрізів та інше.

Параметри режиму лазерного зварювання в стик листів товщиною 18 мм, занесені в таблицю 2.1 [14]

Таблиця 2.1 - Параметри режиму лазерного зварювання

Вид зварювання	Р, кВт	V _{зв} , м/хв	Витрати газу л/хв
Лазерне	18	1.2	18-20

2.4 Вибір обладнання та оснащення

Всі лазерні пристрої мають резонатор, в якому світло генерується і посилюється. Резонатор обладнаний відбивають і частково відбивають дзеркалами та іншими формами бар'єрів.[15]

Усередині резонатора є середовище, здатне генерувати безперервний або імпульсний світло. Частина світу, накопичується в резонаторі, може випускати, створюючи таким чином фактичний лазерний пучок.

Енергія надходить із зовнішнього джерела в середу всередині резонатора (енергія накачування). Не всі 100% енергії перетворюються в лазерний промінь, а надлишкова енергія повинна відводитися за допомогою механізму охолодження.

Джерело лазерного пучка становить лише частину всієї установки. Всі лазерні технології використовують механізовані, автоматичні або роботизовані установки. Єдиним винятком є ручні малопотужні лазери для спеціальних цілей (непромислові лазери).

Типова лазерна установка (робоча станція) зазвичай включає в себе наступні елементи:

- джерело лазерного пучка;
- пристрої для направлення, формування та фокусування лазерного променя на оброблюваної деталі;
- пристрої, що використовуються для створення відносного руху між лазерним променем і оброблюваної деталлю;
- кріплення для фіксації оброблюваної деталі;
- системи охолодження;
- системи управління.

2.4.1 Вибір зварювального лазера

Розглянемо два можливих “з метою вибору оптимального” вида джерела лазерного випромінювання : газові лазери та оптоволоконні лазери.

Газовий лазер - лазер, в якому в якості активного середовища використовується речовина, що знаходиться в газоподібному стані (на відміну від твердих тіл в твердотільних лазерах і рідин в лазерах на барвниках). Властивості та характеристика газового лазера наведена в таблиці 2.2[16]

Таблиця 2.2 - Властивості та характеристика газового лазера

Основні властивості	Характеристики
Технологічний стан	Лазери на базі діоксиду вуглецю (CO_2) доступні протягом багатьох років і представляють досить розвинені технології
Активний лазерний матеріал (Робоче тіло) в резонаторі	Ємність, яка містить CO_2 , N_2 , He , можливо, інші гази. При цьому CO_2 є активним газом
Джерело енергії	Електричний розряд в резонаторі
Довжина хвилі	CO_2 -лазери емітують лазерні промені в інфрачервоній частині спектра (10,6 мкм), які поглинаються більшістю матеріалів. Це робить ці лазери придатними для обробки широкого діапазону матеріалів

Продовження таблиці 2.2

Потужність пучка	В даний час технологічна межа становить близько 50 кВт для безперервної вихідний хвилі. Пульсування можливо з частотою до 100 кГц. Для більшості лазерних джерел пікова потужність часто приблизно така ж, що і максимальна потужність при роботі з безперервною хвилею
Оптика	Довжина хвилі означає, що промінь поглинається склом і т. Д. Тому для прозорих оптичних елементів, таких як вихідні вікна або лінзи, повинні використовуватися спеціальні матеріали. Як відображають оптичних елементів можуть використовуватися мідні дзеркала. Волоконно-оптичні елементи застосовуватися не можуть
Ефективність	У лазерному пучку використовується менше 5% вхідної потужності

Волоконний лазер - лазер, активне середовище і, можливо, резонатор якого є елементами оптичного волокна. Властивості та характеристика волоконного лазера наведена в таблиці 2.3[16]

Таблиця 2.3 - Властивості та характеристика волоконного лазера

Основні властивості	Характеристики
Технологічний стан	Лазери на базі оптичного волокна доступні протягом багатьох років і представляють досить розвинені технології
Активний лазерний матеріал (Робоче тіло) в резонаторі	Надчистий плавлений кварц, який є основним матеріалом оптичних волокон.
Джерело енергії	Лазерні діодні матриці, які отримують живлення від джерела електричної енергії
Довжина хвилі	Волоконні лазери випромінюють лазерні промені в ближній інфрачервоній області спектра (1,06 мкм). Деякі матеріали, наприклад, скло, прозорі для цієї довжини хвилі і не можуть бути оброблені. Однак більшість металів добре поглинають світло даної довжини хвилі
Потужність пучка	В даний час технологічна межа становить близько 50 кВт для безперервної вихідної хвилі.

Продовження таблиці 2.3

Оптика	Можуть використовуватися скляні лінзи і волоконна оптика
Ефективність	У лазерному пучку використовується 10% і більше вхідної потужності

На відміну від зварювання газовими лазерами, плазма при зварюванні волоконними лазерами істотно в великих обсягах формується над поверхнею металу і впливає на обслуговуючий персонал і устаткування. У зв'язку з цим зварювальні фокусують пристрої успішно застосовуються на газових лазерах, не витримують роботи більше кількох хвилин на оптоволоконних лазерах. Зварювальний ванна формується однаково, що і при зварюванні на газовому лазерах.

Однак експериментальні дані показують, що метал в зварювальній ванні перегрівається до кипіння, і його краплі викидаються на поверхню металу, що зварюється. Зварений шов при зварюванні на газових лазерах формується дуже вузьким, а отже, швидкість охолодження металу шва буде дуже високою на різних етапах кристалізації металу, що призведе до погіршення технологічної міцності металу шва та околошовної зони. Практика показує, що механічні властивості теж поступатимуться властивостям основного металу.[17]

Таким чином оптимальним лазером - є оптичний лазер (рис.2.2).

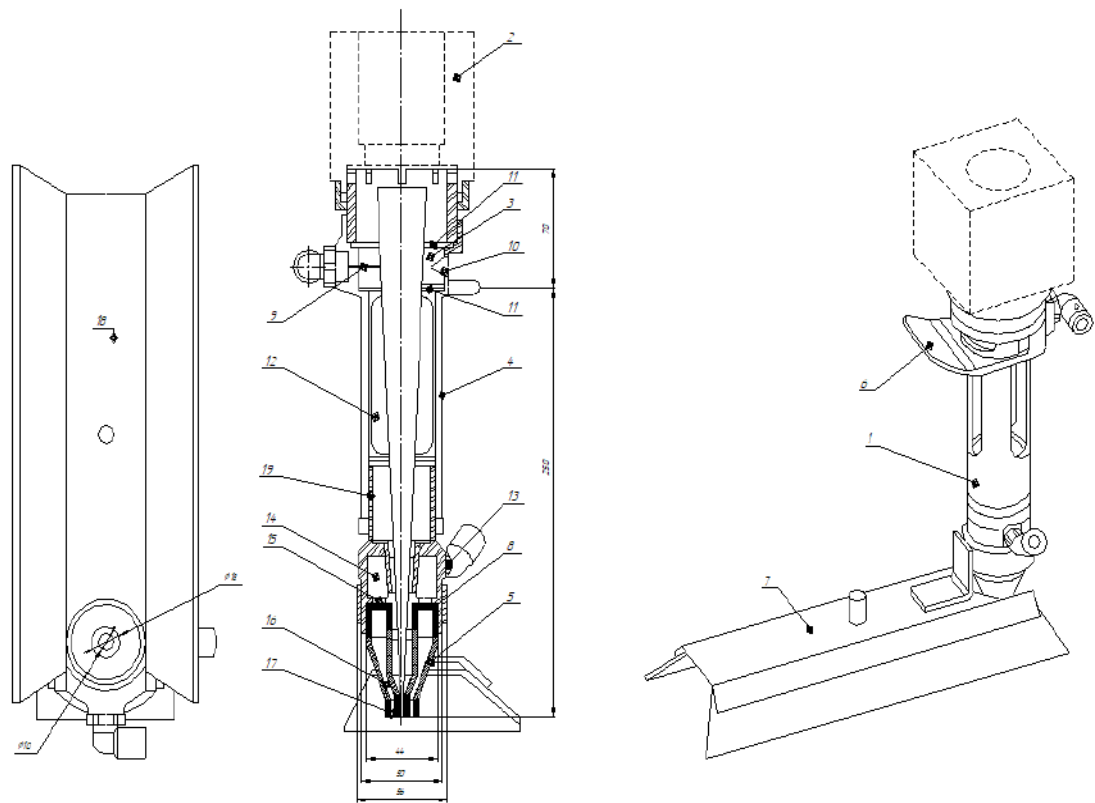


Рисунок 2.2 - Зварювальний лазер

Проте, недолік цього лазера полягає в поступовому погіршенні якості оптичного елемента, використовуваного для направлення і фокусування лазера, і зокрема фокусує лінзи, встановленої в кінці шляху світла. Оскільки ця лінза піддається впливу навколишнього середовища, яка агресивна, містить гарячий газ, пил і краплі розплавленого металу, лінза може швидко псуватися. На жаль, вартість таких оптичних елементів дуже висока, а часта їх заміна може значно здорожувати використання лазерного зварювального пристрою.

Додавання захисного скла перед фокусує лінзою дозволяє впоратися з цим недоліком лише вельми недосконалим чином. Навіть якщо таке скло є менш дорогим, ніж фокусуюча лінза, його часта заміна в результаті його власного погіршення також обходиться досить дорого, не тільки через вартість заміни скла, але і внаслідок необхідності зупиняти роботу лазерного зварювального пристрою, щоб замінити скло.

Тому були зроблені пропозиції захищати фокусуючу лінзу за допомогою поперечного потоку повітря, що тече повз передні частини лінзи, щоб запобігти

потраплянню на неї гарячого газу, пилу і крапель розплавленого металу, які могли б в іншому випадку погіршити поверхню фокусує лінзи. Проте, ефективність такого методу «поперечної струменя» може виявитися обмеженою. Зокрема, в поєднанні з нагнітанням захисного газу навколо осі фокусування аеродинамічні взаємодії між поперечним потоком повітря і струменем захисного газу можуть дестабілізувати струмінь захисного газу, тим самим піддаючи розплавлений матеріал небажаного окислення.[17]

Зокрема, пропонується лазерна зварювальний головка для закріплення під фокусуючою лінзою для фокусування лазера, що містить щонайменше кільцеве сопло для нагнітання захисного газу, розташоване навколо оптичної осі, і захисну камеру для захисту фокусуючої лінзи за допомогою поперечного потоку повітря, при цьому ця камера має впуск повітря і випуск повітря, узгоджений з впусканням повітря, в площині, яка по суті перпендикулярна згаданій оптичній осі, поряд з тим, що це дозволяє уникнути шкідливих аеродинамічних взаємодій між струменем захисного газу і поперечним потоком повітря.

Щонайменше в одному варіанті здійснення ця задача може бути вирішена за рахунок того, що лазерна зварювальний головка закріплюється на згаданій фокусуючій лінзі без будь-якого бокового отвору між фокусуючою лінзою і захисної камерою, і за рахунок того, що вона має відстань по щонайменше 100 міліметрів (мм) між виходом кільцевого сопла і захисної камери.

За допомогою цих заходів можуть бути мінімізовані шкідливі аеродинамічні взаємодії між поперечним потоком повітря і струменем захисного газу, щоб уникнути будь-якого надходження гарячого газу, пилу або крапель поблизу від фокусної лінзи через зварювальну головку або зовні.

Зокрема, щоб спеціально полегшити масу лазерної зварювальної головки, щоб знизити її інерцію і спростити приведення в дію, головка може передбачати щонайменше один бічний отвір між захисною камерою і кільцевих соплом.

Зокрема, щоб додатково відокремити потік повітря, що виходить через випуск зі захисної камери, лазерна зварювальна головка може включати в себе повітряний дефлектор нижче по потоку від згаданого випуску повітря. Щоб

направити поперечний потік повітря через захисну камеру, забезпечуючи при цьому додатковий захист фокусуючої лінзи, згадана захисна камера може бути обмежена в осьовому напрямку щонайменше однієї кільцевої шайбою, згаданої оптичної осі.

Щоб отримати однорідний потік на виході зі згаданого кільцевого сопла, кільцеве сопло може включати в себе напірну камеру вище по потоку від кільцевого вихідного отвору.

Щоб уникнути надходження рідини або твердих частинок в напірну камеру, кільцеве сопло може включати в себе вигнутий канал між напірної камерою і кільцевих вихідним отвором. Кільцевий сопло також може включати в себе щонайменше один дифузор в якості альтернативи або доповнення до зігнутого каналу. Зокрема, вигнутий канал може перебувати нижче по потоку від дифузора, забезпечуючи захист дифузора. Зокрема, дифузор може включати в себе щонайменше одну пористу деталь або фільтр, наприклад єдину пористу деталь або безліч фільтрів, розділених прокладками. Ця щонайменше одна пориста деталь або фільтр можуть бути виконані з металу: так, як приклад, дифузор може містити пористу деталь, виконану з бронзи.[17]

Як приклад для захисту лазерного зварювального апарату від теплових ударів або ударів електричним струмом лазерна зварювальний головка може включати в себе елемент, виконаний з тепло- і/або електроізолюючого матеріалу, вставлений між захисною камерою і кільцевих соплом.

Щоб продовжити забезпечувати захист від окислення все ще гарячої лінії зварювання позаду просуваючої лазерної зварювальної головки, лазерна зварювальний головка може додатково включати в себе друге сопло для нагнітання захисного газу, причому друге сопло розташоване позаду кільцевого сопла по відношенню до напрямку просування лазерної зварювальної головки. Зокрема, друге нагнітає сопло може бути вбудовано в повзун, закріплений позаду лазерної зварювальної головки, щоб накривати лінію зварювання.

Крім цього, щоб краще запобігати аеродинамічний взаємодія між поперечним потоком повітря і струменем захисного газу, випуск повітря із

згаданої захисної камери може бути орієнтований в напрямку, протилежному напрямку просування лазерної зварювальної головки. Це дозволяє запобігти занурення просувається лазерної головки в турбулентність, що створюється цим потоком повітря нижче по потоку від випуску.

Відстань між виходом кільцевого сопла і захисної камерою можна бути зроблено регульованим, тим самим роблячи можливою кращу адаптацію лазерної зварювальної головки до різних відрізняється робочим параметрам.

2.4.2 Вибір роботи для зварювання кільцевих та поздовжніх швів

Робототехнічне лазерне зварювання має багато переваг перед традиційними зварювальними процесами в певних сферах застосування. Недавні досягнення в технології лазерного зварювання зробили її ще більш привабливою в широкому діапазоні промислових умов. Хоча лазерне зварювання не є повністю заміною традиційного зварювання, воно краще підходить для деяких деталей.

Деякі з найбільш значущих досягнень технології лазерного зварювання насправді були завдяки технологіям зору. Оптичні конфігурації сканера, елементи керування сканером та інтерфейси в реальному часі для оптичних датчиків забезпечують лазерне зварювання в набагато складніших додатках. Лазерне зварювання за своєю суттю є більш точним, ніж традиційне зварювання. У поєднанні з вдосконаленою системою тривимірного зору, точність зварювання зростає в геометричній прогресії навіть для багатопрохідних деталей великого обсягу.

Як уже згадувалося, роботизоване лазерне зварювання за своєю суттю є точним. Лазерні зварювальні балки створюють глибокі та точні зварювальні шви, не використовуючи майже стільки енергії або ресурсів, як традиційні зварювальні процеси. Оскільки лазерні зварні шви настільки точні та

сфокусовані, зварні шви є більш чистими і вимагають набагато менше дотику або переробки.

Рішення для лазерного зварювання також більш універсальні. Традиційні способи зварювання завжди будуть кращими в тих випадках, коли між зварювальними деталями існує розрив, але для інших застосувань, які б виграли від високої точності та швидкості, краще буде лазерним зварюванням. Робототехнічне лазерне зварювання має набагато меншу зону впливу тепла, тому спотворення зводиться до мінімуму незалежно від типу зварюваного металу.

Робототехнічне лазерне зварювання - це точний, чистий та гнучкий варіант для широкого спектра зварювальних робіт. Хоча він ніколи не замінить традиційні зварювальні процеси, він все одно має багато переваг, і будь-який виробник, який хоче автоматизувати зварювальні процеси, повинен принаймні розглянути можливість роботизованого рішення для лазерного зварювання.

Промисловий робот часом називали «витягнутою рукою людини». Роботи розширили людські здібності, зробивши продуктивність можливою в небезпечних середовищах або там, де потрібні рівні повторюваності або пропускної здатності, які люди не можуть зрівнятися. Однак "витягнута рука" додатково має менш метафоричне і більш практичне значення. У багатьох ситуаціях корисність робота залежить від його фізичного досяжності.

Лазерне зварювання роботом відрізняються високою ефективністю. Використання роботизованих комплексів оберігає від перегріву і дозволяє оптимально сфокусувати лазерний промінь або плазмову струмінь. При цьому робот здатний вести зварювання у важкодоступних місцях, а при використанні лазерного зварювання можливе збільшення ефективного відстані зварювання до 3 метрів.

LAPRISS (Laser Processing Robot Integrated System Solution) (рис.2.3) використовує технологію управління серводвигуном для переміщення і обертання лазерною головкою, змінюючи траєкторію руху променя і його параметрів.

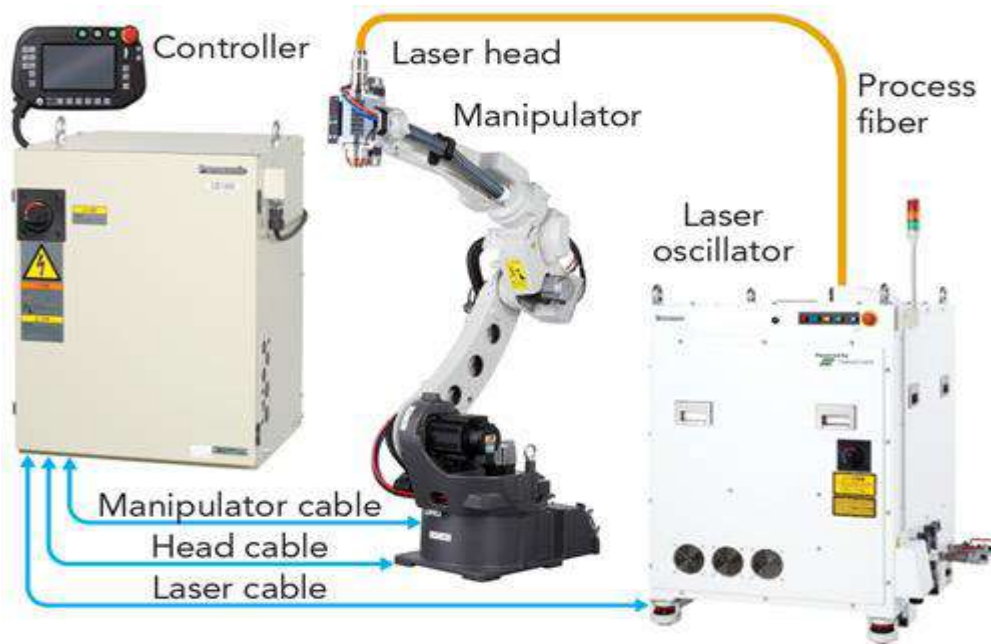


Рисунок 2.3 - Основні компоненти і з'єднання системи LAPRISS.

Ця технологічна перевага робить лазерну головку компактною і легкою, що дозволяє встановлювати її на високошвидкісний робот серії ТМ з дозволеною навантаженням 4 кг.[18]

Результат - система з компактним і простим інтерфейсом між зварювальним процесом і компонентами автоматизації. Через його унікальності LAPRISS має великий потенціал замінити існуючі громіздкі зварювальні системи рішенням з високою швидкістю і гнучкістю і значно скоротить вимоги до площ розміщення обладнання.

Проаналізувавши ринок, вибір лазерного зварювального роботу був зупинений на роботі IRB 2600 (рис. 2.4.).

Для нового прикладу робота IRB 2600 ABB Per Löwgren не потрібно повертати або переставляти заготовку, якщо робот може просто розтягнутися до заданої точки. Як альтернатива, в деяких ситуаціях один робот з великим діапазоном може виконувати роботу двох коротших діапазонів. Хоча робочий діапазон робота повинен бути великим, простір, необхідний для самого робота, повинен бути якомога меншим. В ідеалі робот повинен ще більше зменшити свої вимоги до простору, дозволяючи кріплення на полицях, стінах або навіть на

стелі. Новий IRB 2600 від ABB - завдяки своїй довгій, але компактній конструкції та гнучкому кріпленню - відповідає усім цим вимогам. Крім того, це найшвидший, найточніший і найкраще захищений робот для діапазону корисного навантаження від 12 до 20 кг на ринку.

Захист є важливим елементом багатьох додатків-роботів. Захист може полягати в адекватному захисті робота від ворожого середовища, в якому він працює, наприклад, від вологи, корозії або абразивних частинок. Також мова може йти про захист продукту, що виготовляється, від можливого забруднення роботом, наприклад, від лушення або крапель. Оскільки IRB 2600 орієнтований на широку палітру програм, починаючи від надзвичайно ворожих середовищ, таких як ливарні цехи, до надзвичайно чутливих областей, таких як обробка їжі або навіть виробництво електроніки в чистих кімнатах, робот має різноманітні варіанти захисту, спеціально підібрані для конкретного застосування. Одним із важливих аспектів захисту, який виконують усі роботи IRB 2600, є те, що вони відповідають класифікації захисту від проникнення IP672-4. У зварювальних цехах розплавлені частинки та речовини, що переносяться водою, можуть спричинити деградацію робота. Тому заходи включають захищений від іржі монтажний фланець та захисні кожухи для кабелів, а також спеціально стійкі фарби. Варіанти захисту для інших середовищ включають стійкість до агресивних миючих засобів, високий тиск і високі температури.

Щоб мати можливість керувати складним технологічним обладнанням, оснащенням, захоплюючими пристроями тощо, плече IRB 2600 має інтегровані роз'єми для стандартів польових шин PROFINET, EtherNet / IP та DeviceNet. Це спрощує підключення кабелів та інтерфейсів і тим самим сприяє підвищенню надійності.

Іноді доводиться обмежувати робочий діапазон робота, наприклад, з міркувань безпеки або уникати зіткнень із сусідніми роботами або іншими механізмами. Зазвичай це досягається за допомогою електромеханічних перемикачів, що запобігають повороту осей за задану точку. IRB 2600 цього більше не вимагає, оскільки ця безпека забезпечується за допомогою

електронного відстеження позиції та за узгодженням з функціональністю ABB SafeMove3). Це означає, що ніяких фізичних налаштувань робота не потрібно робити. Рішення призводить до швидшого введення в експлуатацію.

IRB 2600 поставляється в трьох варіантах 1. Окрім базового варіанту, який має корисне навантаження 12 кг та досяжність важеля 1,65 м, розширені варіанти пропонують збільшене корисне навантаження 30 кг або збільшене охоплення 2,85 м.

Одним із факторів, що встановлює на полиці роботів, крім строго встановлених на підлозі, є необхідність, щоб їх робочий діапазон сягав нижче базової пластини робота. Переваги полягають у тому, що час циклу або схеми роботи можна покращити за рахунок оптимізації розміщення робота, або що встановлення декількох роботів на різній висоті в одній камері дозволяє їм одночасно працювати на одній і тій самій заготовці.

Висока точність і повторюваність рухів IRB 2600 у поєднанні з коротким часом циклу є одними з факторів, що роблять цього робота надзвичайно придатним для зварювання.

По-справжньому універсальний робот, завдяки розширеному робочому діапазону, але обмеженим вимогам до простору, IRB 2600 - це гнучка робоча конячка, яка може задовольнити запити багатьох галузей. Його обмежені вимоги до простору додатково посилюються завдяки його гнучкості в монтажних рішеннях, що дозволяє такі варіанти, як полиця, стіна, нахил або зворотне кріплення, що сприяє як економії місця, так і гнучкості в розгортанні. Високе прискорення та скорочений цикл роботи означає, що він може додатково підвищити продуктивність та пропускну здатність багатьох виробничих ліній. Ці переваги ще більше посилюються завдяки привабливим рішенням захисту та варіантам управління та підключення. IRB 2600 - це робот, котрий може по-справжньому звернутися далі, щоб задовольнити потреби програми.

Високоточний ABB IRB 2600 збільшує виробництво завдяки високій швидкості процесу та низькій кількості відходів. Запатентоване програмне забезпечення ABB, TrueMove, використовується для максимального контролю

руху. Компактна конструкція IRB 2600 IRC5 скорочує час циклу до 25%. Максимальне прискорення досягається завдяки новій нижній вазі тіла руки.

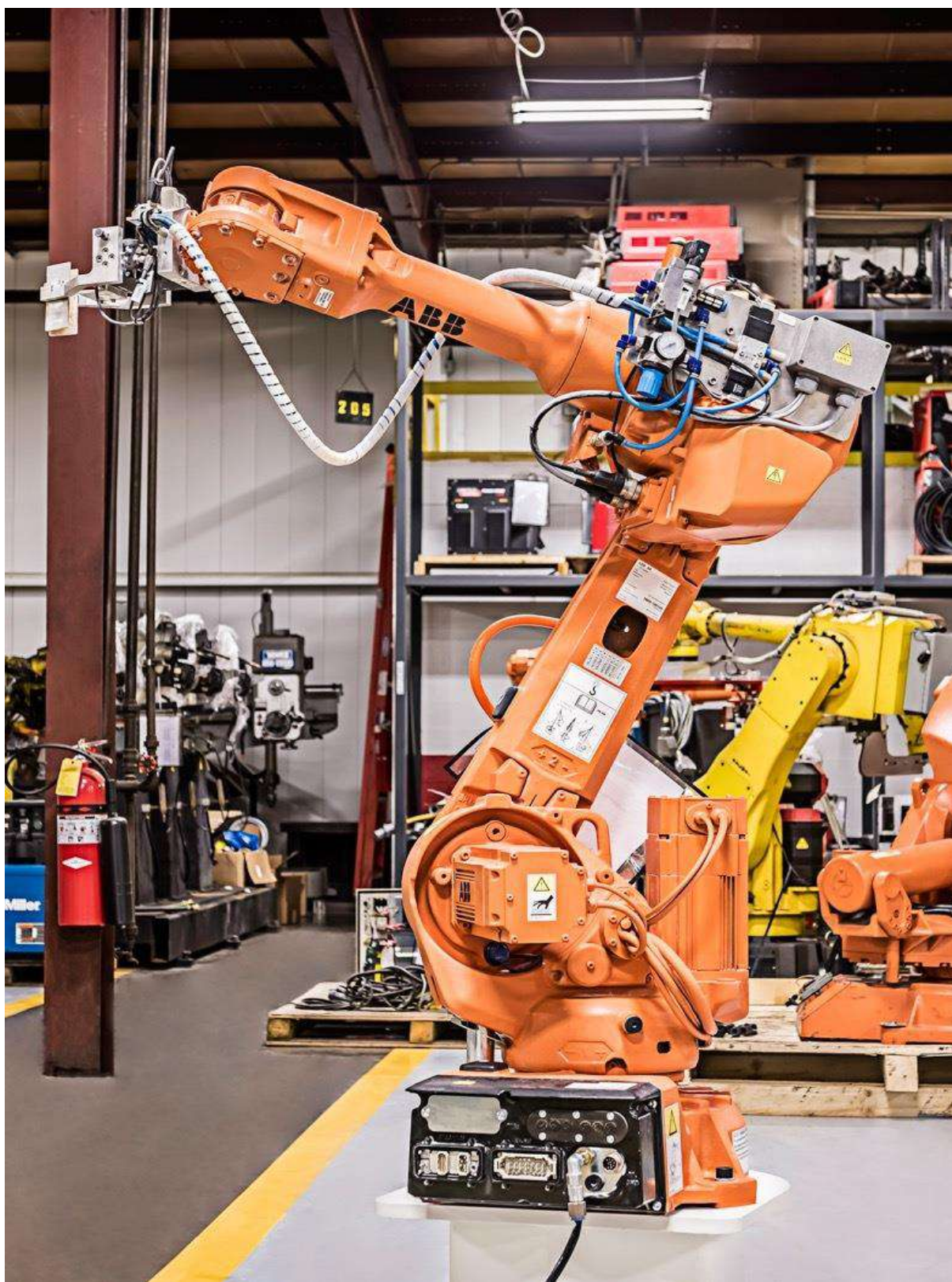


Рисунок 2.4 – Робот IRB 2600

Як було зазначено вище, даний робот поставляється в різних варіантах. Для зварювання резервуару обираємо два різні варіанти, базовий – для зварювання днища до нижньої обичайки та кришки до верхньої обичайки, та максимальній – для зварювання повздовжніх та кільцевих швів. Основні властивості робота IRB 2600 Base та IRB 2600 Max наведені в таблиці 2.4 та 2.5 відповідно[18]

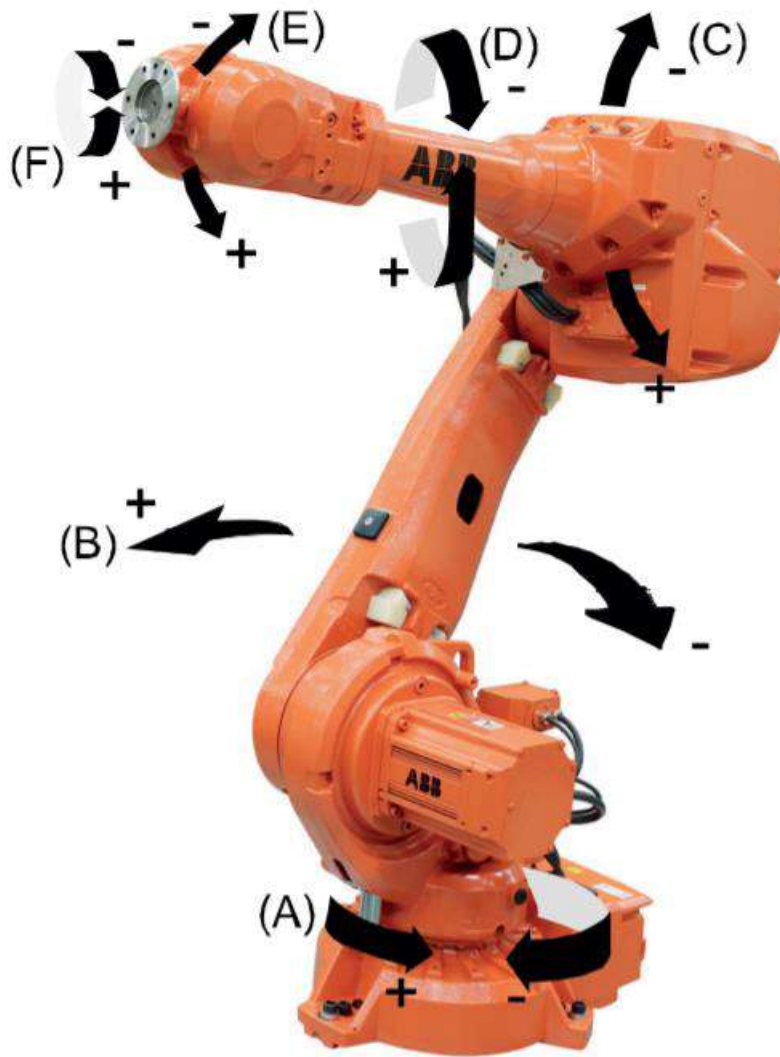
Таблиця 2.4 – Основні властивості роботу IRB 2600 Base та IRB 2600 Max

Розміри основи, мм	512 x 676
Висота, мм	1582
Маса, кг	284
Радіус дії, мм	1085
Вантажопідйомність, кг	12
Доп. навантаження, кг	10

Таблиця 2.5 – Основні властивості роботу IRB 2600 Base та IRB 2600 Max

Розміри основи, мм	826 x 732
Висота, мм	2120
Маса, кг	367
Радіус дії, мм	2520
Вантажопідйомність, кг	25
Доп. навантаження, кг	10

Представлені роботи мають 6 осей руху (рис 2.5).



A – вісь 1 , B - вісь 2, C - вісь 3, D - вісь 4, E - вісь 5, F - вісь 6

Рисунок 2.5 – Осі руху робота IRB 2600

Основні властивості осей руху наведені в таблиці 2.6 [18]

Таблиця 2.6 – Основні властивості осей руху

Вісь	Кут повороту, °	Кутова швидкість, °/с
Вісь 1	+180 ... -180	175
Вісь 2	+155 ... -95	175
Вісь 3	+75 ... -180	175
Вісь 4	+400 ... -400	360

Продовження таблиці 2.6

Вісь 5	+120 ... -120	360
Вісь 6	+400 ... -400	360

Радіус дії зображено на рис. 2.6 . Показники радіусу дії робота IRB 2600 Base та IRB 2600 Max наведені в таблиці 2.7 та 2.8 відповідно[18]

Таблиця 2.7 – Радіус дії робота IRB 2600 Base

Позиція	Радіус дії, мм
A	2148
B	1174
C	967
D	506
E	1553
F	1883

Таблиця 2.8 – Радіус дії робота IRB 2600 Max

Позиція	Радіус дії, мм
A	2695
B	1721
C	1451
D	939
E	2100
F	2500

Як видно з таблиць 2.7 та 2.8 радіус дії цілком задовольняє умовам для зварення днища/кришки та повздовжніх та кільцевих швів відповідно.[18]

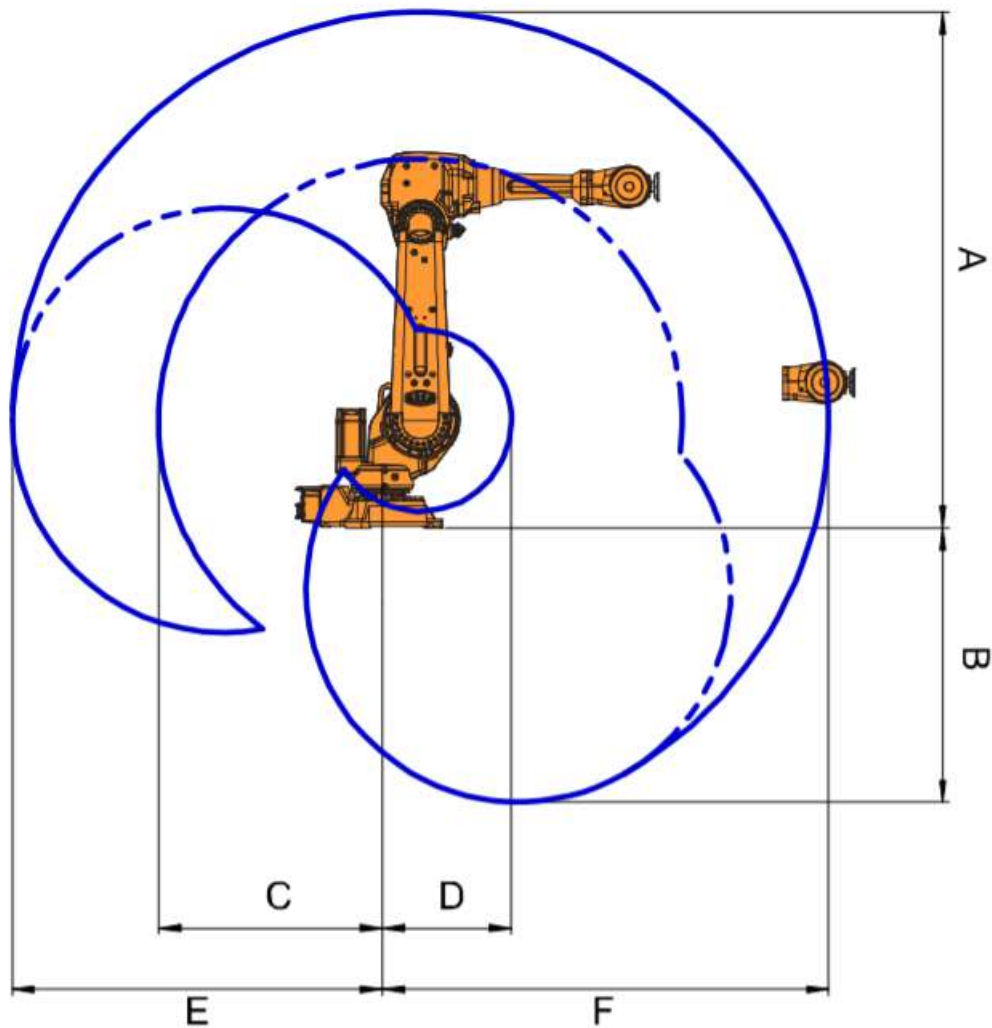


Рисунок 2.6 – Радіус дії роботу IRB 2600

Отже, за рахунок таких переваг як:

- Найвища точність. IRB 2600 має кращу точність в своєму класі, відрізняється високою швидкістю роботи і низьким відсотком браку, що сприяє збільшенню продуктивності виробництва. Ці якості особливо важливі при виконанні таких операцій, як зварювання. Висока точність досягається завдяки використанню запатентованої системи контролю руху TrueMove.

- Найкоротший час робочого циклу. Завдяки оптимізованій конструкції IRB 2600 став компактніше і легше, що дозволяє скоротити час робочого циклу на 25%. Запатентована технологія QuickMove дозволяє розвивати максимальне прискорення і швидкість в своєму класі. Все це сприяє збільшенню вироблення і продуктивності в цілому.

- Розширена робоча зона. Комбінація збільшеною робочої зони і гнучкі можливості монтажу, дозволяють IRB 2600 без проблем працювати з верстатами, не зачіпаючи периферійного обладнання. Оптимізуючи розташування робота в системі, ми отримуємо збільшення продуктивності.

- Компактність. IRB 2600 має такий же невеликий розмір підстави, як і IRB 4600. Осередок з IRB 2600 займає менше місця і робот розташовується ближче до обслуговуваного обладнання, що сприяє збільшенню продуктивності за рахунок більш ефективного використання виробничих площ. Крім цього, невеликий розмір підстави дозволяє маніпулятору працювати в просторі під собою.

- Надійний захист. Роботи компанії АББ, мають найкращу на ринку захист від впливу навколишнього середовища. Уже в стандартному виконанні IRB 2600 має захист IP 67. Опції Foundry Plus 2, Foundry Prime 2 і Clean Room незабаром також будуть доступні.

Використання роботу IRB 2600 для лазерного зварювання резервуару товщиною стінки 18мм є найбільш доцільним.

2.5 Контроль якості

Контроль якості резервуара здійснюють: попередній контроль (перевірка якості основного металу, деталей які надходять для складання), візуальним методом, рентгенівським дослідженням основного металу і зварного шва та гідравлічним випробуванням.

Зовнішньому огляду піддаються всі зварні шви днищ, обичайок резервуарів, а також шви патрубків і люків резервуару. Геометричні розміри швів заміряють за допомогою спеціальних шаблонів в обсязі 100%. [19]

Перевірка контролю якості зварних швів резервуара виконується на зварювальних зразках. При кожній новій партії металу зварюють зразки зварних

з'єднань, аналогічні технологічному процесу, і відправляють у лабораторію дефектоскопії. Їх просвічують за допомогою рентгенівських апаратів. Просвічуванням виявляють внутрішні дефекти - тріщини, непроварення, пори, шлакові включення.

Гідравлічні випробування резервуарів. Гідравлічні випробування, крім перевірки щільності швів, дають можливість визначити міцність резервуара при найбільших навантаженнях.

При гідравлічному випробуванні резервуара наповнюють водою і за допомогою насоса в ньому створюють тиск, що перевищує максимальний робочий тиск для даного виробу. Для резервуара робочий тиск менше 5 кгс / см², величина пробного гідравлічного тиску береться на 50% більше величини робочого тиску, але не нижче 2 кгс/см².

Під пробним тиском резервуар витримують 5 хв. Потім тиск знижують до робочого і шви обстукують на відстані від 15мм до 20 мм від кромek заокругленим молотком вагою 1 кг, після чого шви ретельно оглядають. Місця, в яких виявлено течі або потіння, відзначають крейдою і після зняття тиску вирубують або видаляють поверхню різкою і знову заварюють.[19]

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ

3.1 Проектування нестандартного обладнання

Нестандартне обладнання формується із стандартних зварювальних автоматів із застосуванням спеціального оснащення, пристосувань і устаткування. У даній роботі до нестандартного устаткування відносяться:

а) Установа для складання подовжніх стиків обичайок, що забезпечує необхідний зазор при складанні окремо верхній, нижній і середній обичайок. На цій же установці здійснюється прихватка по з'єднанню обичайок.

б) Установа для зварювання подовжнього з'єднання обичайок окремо. На цій позиції (етапі) здійснюється зварювання подовжнього стикового шва верхньої, нижньої та середньої обичайок.

в) Установа для складання-зварювання днища з нижньою обичайкою. Установа містить зварювальний автомат і маніпулятор. На ній також збирають і приварюють патрубок до днища.

г) Установа для складання-зварювання кришки з верхньою обичайкою, аналогічна попередній. На даній установці також здійснюється складання-зварювання горловини до кришки.

д) Установа для автоматичного зварювання середньої обичайки з нижньою (в зборі з днищем і патрубком), а також з верхньою (в зборі з кришкою і люком). Установа містить два зварювальних автомата, що здійснюють одночасне зварювання двох кільцевих з'єднань. Це забезпечується за рахунок застосування зварювання на підкладці, яка залишається.

3.2 Опис установок для складання-зварювання і принцип їх роботи

Установка для складання поздовжніх стиків обичайок (рис 3.1) призначена для поєднання кромки поздовжнього стику в одній дотичній площині і вирівнювання торцевих крайок.[20]

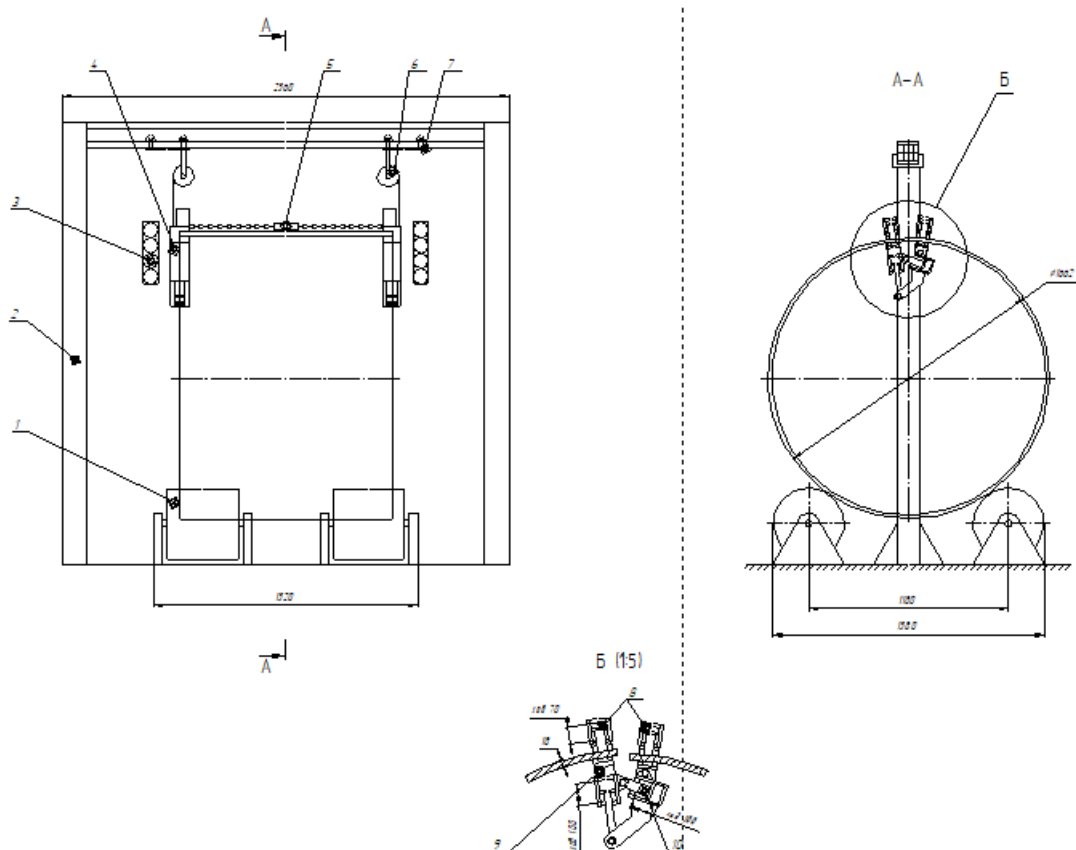


Рисунок 3.1 – Установка для складання поздовжніх стиків обичайок

Установка складається з порталної рами 2, двох гідравлічних стяжок 4 і для суміщення і з'єднання поздовжніх крайок і гідравлічної стяжки 5 для вирівнювання торцевих крайок, стяжки 4 за допомогою пружинних підвісок б закріплені на візках 7, що переміщуються по рамі 2. На цих же візках закріплені і панелі управління 3. Гвинти замінені гідроциліндрами і двома затискачами 8. Одним який вирівнює 9 і одним стягуючим 10. Стяжка 5 для торцевих крайок являє собою гідроциліндр з двома ланцюгами, на кінцях, яких є гаки, що захоплюють кромки обичайок.

Принцип роботи установки: під час складання обичайки знаходиться на ролюкоопорах 1 стиком вгору і стяжкою 5 вирівнюють торцеві кромки в площині, перпендикулярній поздовжній осі обичайки, після цього по направляючій порталної рамі 2 візки 7 з різних сторін обичайки, на яких розташовані пружинні підвіски 6 стежки 4. Стяжки встановлюють на торці обичайки і фіксують. Запускають гідропривід і виконують вирівнювання торцевих крайок циліндром 9. Стягуючим циліндром 10 встановлюємо необхідний зазор. За базової технології використовувалися різні кільця, за допомогою яких встановлювався необхідний зазор. На відміну від розтискних кілець запропонована установка забезпечує ще й вирівнювання торцевих крайок.[20]

Після вирівнювання торцевих крайок та установки необхідного зазору здійснюється прихватка подовжнього стикового з'єднання напівавтоматичним зварюванням.

Дана установка використовується для складання обичайок діаметром до 2 м, довжиною до 2,1 м з товщиною стінки до 30 мм. Циліндри стяжок розвивають зусилля до 12 кН при тиску масла до 6 МПа.

Для зварювання стикового та кільцевих з'єднань обичайок верхньої, середньої та нижньої використовується установка для зварювання подовжніх стикових з'єднань обичайок (рис. 3.2).[20]

Для обертання обичайки використовується роликовий стенд 2, зварювання відбувається роботом 1

Принцип роботи установки полягає в наступному. Встановлюють зібрану обичайку на роликовий стенд 2, з'єднанням вниз стенду. Здійснюється зварювання всередині обичайки, після зварювання обичайку повертають з'єднанням вгору паралельно направляючій зварювального автомату. Виконується зварювання з'єднання з зовнішньої сторони. Після чого виконують зварювання кільцевих швів.

3.3 Технічне нормування технологічних операцій і розрахунок трудомісткості робіт

Час на виготовлення резервуара ($T_{шт}$) розраховується за формулою[13]:

$$T_{шт} = T_{пз} + T_{оп} + T_{обсл} + T_{пер} \quad (3.1)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час при лазерному зварюванні, яке залежить від конструкції лазера та роботи, а так само від організаційних умов роботи і включаючи витрати часу зварника на виконання таких елементів роботи як: отримання виробничого завдання, вказівок та інструкцій; ознайомлення з роботою; налаштування робота на заданий режим зварювання; здача роботи [20] Приймаємо $T_{пз} = 0,85$ год.

$T_{оп}$ – оперативний час проведення всіх складально-зварювальних робіт, приймаємо $T_{оп} = 24,27$ год.

$T_{обсл}$ – час, який витрачається на обслуговування робочого місця, приймається в розмірі 4% від оперативного часу.

$$T_{обсл} = 0,04 \times 24,27 = 0,97 \text{ год.}$$

$$T_{пер} = T_{відп} + T_{ндд} \quad (3.2)$$

де $T_{відп}$ – час перерви на відпочинок, приймається в розмірі 2% від оперативного часу.

$$T_{відп} = 0,02 \times 24,27 = 0,48 \text{ год.}$$

$T_{потр}$ – час перерви на природні потреби, приймається в розмірі 2% від оперативного часу.

$$T_{потр} = 0,02 \times 24,27 = 0,48 \text{ год.}$$

$$T_{відп} = 0,48 + 0,48 = 0,97 \text{ год.}$$

$$T_{шт} = 0,85 + 24,47 + 0,97 + 0,97 = 27,06 \text{ год.}$$

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ДІЛЯНКИ

4.1 Опис ідеї проекту

Використання резервуара для зберігання нафтопродуктів є актуальним для будь якої промисловості. Однак використання резервуара в умовах низьких температур пов'язують з великими ризиками по ряду причин. Це перш за все суворі природні умови, коли під дією природних і хімічних факторів зношення стінок і днища резервуарів відбувається набагато швидше, ніж, наприклад, в середніх широтах. Дизельне паливо відноситься до рідин середньої агресивності, і його контакт зі стінками і днищем резервуара викликає процес корозії. Для усунення контакту з дизельним паливом стінки і днище резервуарів обробляють спеціальним покриттям, проте в умовах низьких температур воно не завжди буває якісним, і при цьому виробник покриття гарантує його ефективність протягом не більше 10 років. Тому залишається актуальним підвищити зносостійкість резервуару, за рахунок використання високоміцної сталі та лазерного зварювання.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Розробка технології виготовлення резервуара підвищеної надійності для експлуатації в умовах низьких температур	Нафтогазова, паливна, гірничодобувна промисловості	Підвищення зносостійкості, за рахунок чого підвищений термін служби

В межах завдання про проаналізував характеристику потенційного ринку та подав у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Головні конкуренти	Акціонерна компанія з транспорту нафти "Транснефть"
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Спадає
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Необхідні великі інвестиції
4	Специфічні вимоги до стандартизації та специфікації	Виконувати вимоги до проектування, виготовлення, монтажу і випробуванню резервуара для зберігання нафтопродуктів згідно ГОСТ 31385-2016

Визначив потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформував орієнтований перелік вимог до товару та подав у вигляді таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	Використання резервуара підвищеної надійності	Гірничодобувна промисловість	Вимоги до температури використання від - 10 °C	Підвищити строк експлуатації резервуара до 15 років
2	Використання резервуара підвищеної надійності	Паливна промисловість	Вимоги до температури використання від - 30 °C	Підвищити строк експлуатації резервуара до 15 років

Здійснив SWOT – аналіз середовища реалізації інноваційного проекту (табл. 4.4)

Таблиця 4.4 – SWOT – аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Альтернатива придбання резервуара підвищеної надійності - Зниження собівартості продукту	- Спад об'єму - Знижений попит
Можливості	Загрози
- Розширення ринку	- Конкуренти

Проаналізувавши характеристику потенційного ринку можна побачити головних конкурентів, дати якісну оцінку розвитку динаміки ринку, а також вияснити які можуть бути обмеження чи вимоги до стандартизації.

Побудував карту стейкхолдерів, яка дозволить візуалізувати картину взаємозв'язків стейкхолдерів. На рисунку 4.1 зображена карта стейкхолдерів.



Рисунок 4.1 – Карта стейкхолдерів

4.2 Організація виробництва продукції

Для проектування ділянки по впровадженню даного технологічного процесу необхідно:

- нормувати операції технологічного процесу;
- встановити річну виробничу програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання і виробничу площу ділянки;
- розрахувати чисельність персоналу.

Таблиця 4.5 - Технічне нормування операцій

Нормування операцій	Норма штучного часу н/год
Транспортування	0,5
Складання-зварювання обичайки нижньої	3,75
Складання-зварювання обичайки середньої	4,17
Складання-зварювання обичайки верхньої	3,75
Складання-зварювання днища з патрубком і нижньої обичайкою	4,15
Складання-зварювання люка до кришки і кришки до верхньої обичайки	3,7
Складання-зварювання верхньої, середньої і нижньої обичайок	3,65
Контроль якості	0,5
Всього	23,17

На основі розрахованих норми часу по виготовленню виробів встановлюємо річну виробничу програму виробів у штуках.

Таблиця 4.6 - Виробнича програма виробів за рік

Найменування виробу	Норма часу на виріб, н/год	Виробнича програма	
		шт.	н/год
Резервуар	23,17	1000	23170

4.3 Основні фонди ділянок

Номінальний фонд часу роботи обладнання для однозмінного режиму прийнятий 1860 годин.

Ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання за рік визначається за формулою[22]:

$$F_{\text{еф}}^{\text{об}} = F_{\text{ном}} \times (1 - K_{\text{в}}) = 1860 \times (1 - 0,07) = 1729,8 \text{ год.} \quad (4.1)$$

де $F_{\text{ном}}$ - номінальний фонд часу роботи обладнання;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт витрати часу на ремонт та обслуговування обладнання, $K_{\text{в}} = 0,07$.

Розрахунок вартості основних виробничих фондів ділянки виконується наступними основними групами:

- Приміщення;
- Виробниче обладнання;
- Інструмент і пристрої;
- Виробничий і господарський інвентар;

Кількість виробничого обладнання розраховується для кожного типу обладнання.

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою[22]:

$$C_o^{\text{розр}} = \sum_{i=1}^m \frac{t_i \times N_i}{F_{\text{д.о}}}, \text{ од.} \quad (4.2)$$

де $C_o^{\text{розр}}$ - розрахункова кількість обладнання, од;

m - кількість видів робіт;

t_i - норма часу на i -тій операції, н/год;

N_i - річна виробнича програма i -того виробу, од;

$F_{\text{д.о}}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

Необхідна кількість обладнання для складання-зварювання обичайок :

$$C_o^{\text{розр}} = \frac{(3,75+4,17+3,75) \times 1000}{1729,8} = 6,74, \text{ од} \quad (4.3)$$

Аналогічно розраховується необхідна кількість обладнання для решти типів.

Прийнята кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини ($C_{пр}$).

Коефіцієнт завантаженості устаткування[22]:

$$K_3 = \frac{C_{розр}}{C_{пр}} \quad (4.4)$$

Коефіцієнт завантаженості обладнання для складання-зварювання обичайок[22]:

$$K_3 = \frac{6,74}{7} = 0,96 \quad (4.5)$$

Аналогічно розраховується коефіцієнт завантаженості обладнання для решти типів.

Всі розрахунки по обладнанню зведені у таблиці 4.7

Виробнича площа розраховується виходячи з кількості обладнання, робочих місць і питомої площі на одиницю обладнання з додаванням 20% (проходи, проїзди та ін.).

Площа ділянки $18 * 24 = 432 \text{ м}^2$ вартість будівлі 432000 грн.[22]

Таблиця 4.7 - Розрахунок кількості обладнання, його потужності і собівартості

Модель найменування	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження	Ціна за преїскурантом, грн		Потужність електродвиг.	
	Розр.	Прийн.		Одиницю	Всього обладнання	Одиницю	Всього обладнання
Установка для складання-зварювання обичайок	6,74	7	0,96	68500	479500	6,0	42

Продовження таблиці 4.7

Установка для складання-зварювання днища з обичайкою	2,39	3	0,79	80000	240000	5,5	16,5
Установка для складання-зварювання кришки з обичайкою	2,13	3	0,71	85000	255000	5,5	16,5
Установка для зварювання кільцевих швів обичайок	2,11	3	0,7	78500	235500	7,5	22,5
Установка для контролю якості	0,28	1	0,28	39500	39500		
Всього	13,65	17	3,44		1249000		97,5

4.4 Розрахунок чисельності персоналу ділянки

Чисельність основних виробничих робітників ділянки на нормованих роботах розраховується за операціями, розрядами і професіями[22].

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^m t_i * N_i}{F_{д.р.} * K_{в.н.}}, \text{ чол.} \quad (4.6)$$

де R_0 - чисельність основних виробничих робітників, чол;

m - кількість видів робіт;

t_i - норма часу на і-тій операції, н/год;

N_i - річна виробнича програма і-того виробу, од;

$F_{д.р.}$ - дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

$K_{в.н.}$ - коефіцієнт виконання норм виробітку ($K_{в.н.} = 1,05$).

Дійсний річний фонд часу одного робітника визначається за формулою:

$$F_{д.р.} = F_{ном} * (1 - \eta), \text{ год} \quad (4.7)$$

де η - запланований коефіцієнт невиходів робітника (0,12 - 0,15).

Тоді $F_{д.р.} = 1860 * (1 - 0,15) = 1581$ год.

Розрахунок кількості працівників для складання-зварювання обичайок [22]:

$$R_0 = \frac{(3,75+4,17+3,75) \times 1000}{1581 \times 1,05} = 7,02 \quad (4.8)$$

Чисельність допоміжних робітників за професіями розраховується за нормами обслуговування або по робочих місцях.

Чисельність керівників і спеціалістів (майстер і технолог) на ділянці розраховується згідно зі штатним розкладом.

Загальна чисельність персоналу ділянки викладена в табл. 4.8

Таблиця 4.8 - Загальна кількість персоналу

Персонал	Кількість чол.	У т.ч. за розрядами				В т.ч. по змінах	
		III	IV	V	VI	I	II
1. Основні робочі							
Зварювальник	4				4		
Всього	4				4		
2. Допоміжні робітники							
підсобний робітник	4	4					

Продовження таблиці 4.8

Всього	4	4					
3. Керівник та спеціалісти							
майстер	1						
технолог	1						
Всього	2						
Разом	10	4			4		

4.5 Планування витрат на виробництво

У даному розділі необхідно розрахувати матеріальні витрати, витрати на основні фонди, розрахувати фонд оплати праці персоналу, скласти калькуляцію собівартості продукції.

4.5.1 Матеріальні витрати

Вартість основних і допоміжних матеріалів розраховується на основі норм витрати на виріб і цін. Крім того необхідно враховувати транспортні та заготівельні витрати (10% від вартості матеріалів, вартості повернутих відходів).

До допоміжних матеріалів слід віднести ті матеріали, які споживаються для здійснення технологічних процесів, наприклад зварювальні та присадні матеріали.[22]

Розрахунок вартості матеріалів та напівфабрикатів наведено в табл. 4.9.

Балансована вартість матеріалів визначається як сума преїскурантної вартості і транспортно-заготівельних витрат, які приймаються в розмірі 5% від їх преїскурантної вартості.

Таблиця 4.9 - Розрахунок потреб і вартості покупних деталей і напівфабрикатів

Найменування	Кількість	Вартість за одиницю, грн.	Річна програма	
			Кількість	Всього, тис.грн.
Нижня обичайка	1	5072	1000	5072
Середня обичайка	1	5372	1000	5372
Верхня обичайка	1	4760	1000	4760
Днище	1	3960	1000	3960
Кришка верхня	1	2964	1000	2964
Патрубок	1	64	1000	6,4
Рим стропувальних	4	3,5	4000	14
Горловина	1	144	1000	14,4
Стійка опорна	3	48,8	3000	140,4
Всього		22388,3		22303,2

4.5.2 Вартість основних засобів

Вартість основних засобів передбачає наступні розрахунки:

Вартість будівель визначається на основі розрахункової площі та вартості 1м² будівель (від 300 грн до 500 грн за м²);

Вартість споруд становить 30% вартості будівель;

Вартість обладнання з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (від 10% до 15%);

Вартість цінних інструментів, пристосувань та інвентарю (від 3% до 5% балансової вартості обладнання).

Вартість транспортних засобів - 10% балансової вартості обладнання.

Розрахунок вартості основних виробничих фондів, амортизаційних відрахувань, структури основних фондів наведені в табл. 4.10.[22]

Таблиця 4.10 - Розрахунок вартості основних виробничих фондів

Найменування	Балансована вартість, тис.грн.	Структура, %	Нормативний строк експлуатації, %	Річні Амортизаційні відрахування, тис.грн.
Виробнича будівля	2160	31,8	5	100,8
Спорудження	100,8	1,6	6,67	6,72
Обладнання	1249	61,7	20	249,8
Цінний інструмент	210	3,1	25	52,5
Транспорт. засоби	120,6	1,8	20	24,12
Всього	3840,4	100		427,94

4.5.3 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, що виплачується працівникам підприємства, утворює фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами і системами оплати праці. Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядно-преміальної формі оплати праці; допоміжних робітників за почасово-преміальною формою, керівників і фахівців за штатно-окладної формі оплати праці.[22]

Плановані доплати і премії для робітників складають від 50% до 60% від основної зарплати. Премії з прибутку становлять 15% до основної плати для робітників та від 40% до 50% для керівників і фахівців.

Тарифний фонд заробітної плати основних робітників-відрядників розраховуємо за формулою:

$$З_{\text{відр}} = N \sum_{i=1}^b P_i \quad (4.9)$$

де b - кількість операцій технологічного процесу;

P_i - розцінка на i -ту операцію, грн;

N - річна виробнича програма виробів, одиниць.

Тарифний фонд заробітної плати для зварника[22]:

$$З_{\text{відр}} = 1000 \times 579,25 = 579250$$

Розцінка на операцію розраховується за формулою[22]:

$$P_i = C_i * t_i \quad (4.10)$$

де C_i - тимчасова тарифна ставка i -того розряду, грн;

i - норма часу на i -ту операцію, н-годин.

Розцінка на операцію для зварника на операцію складання-зварювання обичайок:

$$P_i = 25 * 23,17 = 579,25 \quad (4.11)$$

Розрахунок за операціями наведені в табл. 4.11

Таблиця 4.11 - Розрахунок розцінок за операціями

Найменування	Норма часу, н-годин	Розряд робіт	Годинна тарифна ставка, грн	Розцінка, грн
Складання-зварювання обичайки нижньої	3,75	6	25	93,75
Складання-зварювання обичайки середньої	4,17	6	25	104,25
Складання-зварювання обичайки верхньої	3,75	6	25	93,75
Складання-зварювання днища і нижньої обичайкою	4,15	6	25	103,75
Складання-зварювання люка до кришки і кришки до верхньої обичайки	3,7	6	25	92,5
Складання-зварювання верхньої, середньої і нижньої обичайок	3,65	6	25	91,25
Всього	23,17			579,25

Тарифний фонд заробітної плати основних працівників складає:

$$З_{\text{сд}} = 579,25 \times 1000 = 579250 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата основних робітників, премії з фонду зарплати 50%

$$З_{\text{доп}} = 579250 \times 0,5 = 289625 \text{ грн.}$$

Премії з прибутку 15% від фонду зарплати:

$$868875 \times 0,15 = 130331,25 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування розраховується відповідно до чинного законодавства (22%).

Фонд оплати праці розраховується і зводиться у табл. 4.12 [22]

Таблиця 4.12 - Фонд оплати праці

Категорія персоналу	Чисельність, чол.	Фонд оплати, тис. грн.			Премії з прибутку, тис. грн.	Фонди оплати, тис. грн.	Відрахування на соц. страхування, тис. грн.	Середня з/п за місяць, грн.
		Тарифний	Додатковий з/п	Всього				
Основні робітники	4	579,25	289,625	868,875	130,33	999,20	219,82	16238
Допоміжні робітники	4	138,38	69,19	207,57	31,135	238,70	52,51	4324
Майстер	1	57,6		57,6	8,64	66,24	14,57	4300
Технолог	1	50,4		50,4	7,56	57,96	12,75	3760
Всього	10	825,63	358,81	1184,44	177,66	1326,1	299,65	28622

4.5.4 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається усіма витратами ділянки за такими статтями прямих і непрямих витрат.

Прямі витрати.

1. Напівфабрикати – 2230,32 тис. грн (табл.4.9)
2. Тарифна заробітна плата основних виробничих робітників – 579,25 тис. грн (табл.4.12)
3. Додаткова заробітна плата, премії – 289,625 тис. грн (табл.4.12)
4. Відрахування на соціальне страхування від фонду оплати праці основних виробничих робітників – 219,82 тис. грн. 22 % від (тариф заробіт осн + додаткова)
5. Паливо і енергія на технологічні цілі – 972,6 тис. грн.

Стаття 5 включає розрахунок вартості палива і енергії на здійснення технологічного процесу зварювання.

$$З_{ед} = U * I * t_{шт} * N * C_e \quad (4.12)$$

де U – напруга мережі, В;

I – сила струму, А;

C_e – ціна за 1 кВт електроенергії – 2,68 грн/кВт.

Непрямі витрати.

Стаття «Утримання та експлуатація машин і устаткування» є комплексною, приймаємо укрупнено за даними базового підприємства $\alpha = 250\%$.

Витрати на утримання та експлуатацію устаткування розподіляються на собівартість одиниці продукції пропорційно основної заробітної плати основних виробничих робітників.[22]

$$ВУЕУ_i = \left(\frac{\alpha}{100} \right) * З_{осн} = \left(\frac{250}{100} \right) * \left(\frac{579250}{1000} \right) = 1448,12 \text{ грн} \quad (4.13)$$

де $З_{осн}$ – Тарифна зарплата на одиницю виробу.

утримання .Витрати на утримання та експлуатацію устаткування 350

Стаття «Загальновиробничі витрати» - це витрати на управління в межах цеху. Стаття є комплексною. Приймаємо ці витрати збільшено за даними базового підприємства – $\beta = 150\%$.

Загальновиробничі витрати, розраховують за формулою:

$$ЗВВ_i = \left(\frac{\beta}{100}\right) * З_{\text{осн}} = \left(\frac{150}{100}\right) * \left(\frac{579250}{1000}\right) = 868,87 \text{ грн} \quad (4.14)$$

Сума загальногосподарських витрат визначається збільшенням на 150% від основної заробітної плати основних виробничих робітників.[22]

Виробнича собівартість продукції - це виражені у грошовій формі поточні витрати підприємства на виробництво продукції, виконані роботи та надані послуги.

Виробничу собівартість розраховують за формулою:

$$ВСВ_i = \left(\frac{\beta}{100}\right) * З_{\text{осн}} = \left(\frac{350}{100}\right) * \left(\frac{579250}{1000}\right) = 2027,37 \text{ грн} \quad (4.15)$$

Витрати на збут – це витрати, пов'язані з утриманням складів готової продукції, витрати на упакування, транспортування готової продукції та інше (1% виробничої собівартості).[22]

Собівартість одиниці продукції розраховується на основі складання калькуляції собівартості продукції (таблиця 4.13).

Таблиця 4.13 – Калькуляція собівартості продукції

Статті витрат	Витрати	
	Всього витрат грн	На одиницю грн.
1.Напівфабрикати	22303200	22303,2
2.Тарифна заробітна плата основних виробничих робітників	579250	579,25
3.Додаткова зарплата, премії основних робочих робітників	289625	289,625
4.Відрахування на соціальне страхування	219820	219,82

Продовження таблиці 4.13

5.Паливо та енергія на технологічні цілі	972600	972,6
6.Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	1448120	1448,12
7.Загальновиробничі витрати	868870	868,87
8.Собівартість виробнича	2027370	2027,37
9.Адміністративні	446250	446,2
10.Витрати на збут	75290	75,29
11.Собівартість повна	29230395	29230,95

4.5.5 Економічне обґрунтування запропонованої розробки

У даному розділі розраховується річний економічний ефект, який можна отримати при виготовленні резервуару на спеціальній ділянці за запропонованим технологічним процесом в порівнянні з виготовленням виробу за базовим варіантом.

Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта. Показниками порівняльної економічної ефективності є сума приведених витрат і економічний ефект за рік.

Показник приведення витрат:

$$Z_i = C_i + e_n * K_i \rightarrow \min \quad (4.16)$$

де C_i – поточні витрати (повна собівартість) по i -тому варіанту, грн;

e_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних витрат ($e_n = 0,15$)

K_i – капітальні вкладення по i -тому варіанту, грн;

Економічний ефект за розрахунковий рік:

$$E = Z_1 - Z_2 \quad (4.17)$$

де Z_1 та Z_2 – наведені витрати за розрахунковий рік відповідно по базовому і новому варіантах, грн.

$$Z_1 = (29415,48 + 0,15 * (3910600/1000)) * 1000 = 30002,07 \text{ тис. грн.}$$

$$Z_2 = (29230,9 + 0,15 * (3840400/1000)) * 1000 = 29806,96 \text{ тис. грн.}$$

Економічний ефект розрахунковий рік:

$$E = 30002,07 - 29806,96 = 195,11 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, слід підкреслити, що заміна напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу на лазерне зварювання та правильно підібраний матеріал робить дану технологію економічно вигідною.

При річній програмі 1000 штук економічний ефект від запропонованої технології складає 195,11 тис. грн.

4.5.6 Ефективність і результативність

Оцінку ефективності та результативності роботи спеціалізованої ділянки можна здійснити за показниками:

1. Річний випуск виробів:

- У натуральному вираженні – 1000 од. (табл.4.6)
- По трудомісткості – 23170 н/год (табл.4.6)
- У грошовому вираженні – 29230,95 тис. грн (табл.4.13)

2. Виробнича площа – 432 м².

3. Вартість основних виробничих фондів – 3840,4 тис. грн (табл. 4.10)

4. Облікова чисельність персоналу – основні робітники – 4 особи, допоміжні – 4 особи, керівники та фахівці – 2 особи.

5. Фонд оплати праці - 1326,1 тис. грн (табл. 4.12)

6. Середня заробітна плата за місяць одного основного робітника – 16238 грн (табл.4.12)

7. Продуктивність праці одного працівника:

$$ПТ = (C_n - н/ф)/R = (29230,95 - 22303,2)/10 = 692,7 \text{ тис. грн. (4.18)}$$

де C_n – повна собівартість виробів на річну програму

$н/ф$ – річна вартість напівфабрикатів

R – чисельність робітників ділянки.

8. Фондовіддача

$$f = (C_n - н/ф)/\Phi_{\text{осн.ф}} = (29230,95 - 22303,2)/3840,4 = 1,80 \text{ тис. грн. (4.19)}$$

де $\Phi_{\text{осн.ф}}$ – вартість основних виробничих фондів.

9. Фондомісткість

$$f' = \Phi_{\text{осн.ф}} / (C_n - п/ф) = 3840,4 / (29230,95 - 22303,2) = 0,55 \text{ тис. грн. (4.20)}$$

10. Коефіцієнт завантаження обладнання – середній по ділянці – 0,68

11. Повна собівартість одиниці продукції - 29230,95 грн.

12. Економічний ефект за розрахунковий рік - 195,11 тис. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному дипломному проєкті розробляється технологія лазерного зварювання резервуара підвищеної надійності для експлуатації в умовах низьких температур.

5.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Небезпеки які пов'язані з порушеннями роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» [23], а саме:

- вимог щодо облаштування робочих зон, що може бути пов'язано з незадовільним станом устаткування, захисних пристроїв, відсутності схем евакуації, захаращеність аварійних виходів.

б) Можливість ураження електричним струмом, при виконанні службових обов'язків внаслідок порушення правил з електробезпеки, несправності енергоспоживаючого обладнання, відсутності групових або індивідуальних засобів захисту, що може призвести до електричних травм або летального наслідку;

в) Небезпеки які пов'язані з безпосереднім проведенням дослідницьких робіт, по відпрацюванню технології лазерного зварювання, а саме:

- Ураження органів зору в наслідок відсутності індивідуальних засобів захисту при наявності потужного оптичного випромінювання.

- Можливість травмування рухомими елементами установки. в наслідок відсутності огорожень небезпечних зон.

г) Можливість отримання механічних травм при підготовці зразків або дослідницьких виробів до термічної обробки що може бути пов'язано з

порушеннями правил охорони праці під час роботи з абразивним інструментом (НПАОП 28.0-1.30-12) зокрема: використання абразивного інструменту який не пройшов випробування, порушення правил експлуатації, що може призвести до тяжких травм.

д) Можливість отримання механічних травм при внаслідок порушень правил з охорони праці при підготовці зразків для випробування твердості, механічних та технологічних властивостей та при безпосередніх випробуваннях. Основними небезпеками можуть бути: використання застарілого та небезпечного обладнання, порушення умов проведення випробувань.

е) Небезпеки які пов'язані з дослідженням структури металу методом оптичної металографії з використанням оптичних мікроскопів зокрема: ушкодження органів зору при хибній комбінації світлофільтрів, об'єктивів та окулярів.

ж) Небезпеки які пов'язані із обробкою результатів досліджень із використанням ПК, зокрема ушкодження кістково-м'язового апарату внаслідок довготривалої роботи в однотипній позі, що може призвести до зниження працездатності та розвитку професійних захворювань.

з) Незадовільні параметри мікроклімату які повинні відповідати фізіологічним потребам організму працюючих, із врахуванням енергетичних витрат на виконувану роботу згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» внаслідок неефективної роботи систем опалення та повітрообміну, що може призвести до загальних захворювань.

і) можливість займання через порушення правил пожежної безпеки, невиконання норм пожежної безпеки;

к) небезпеки пов'язані з умовами праці при можливому виникненні надзвичайних ситуацій;

5.2 Заходи забезпечення безпеки

а) Згідно вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» передбачено:

- вимоги до облаштування робочих зон передбачають справний робочий стан устаткування і захисних пристроїв, сприяння безпечних умов для усунення виявлених несправностей, які можуть негативно вплинути на безпеку і здоров'я працівників, можливість регулярного контролю і перевірок здатності функціонування захисних засобів і пристроїв, призначених для запобігання небезпеці або їх усунення.

Шляхи пересування в робочій зоні, включаючи сходи, стаціонарні переходи, аварійні виходи повинні бути позначені відповідними знаками, мати дороговкази, бути так розташовані і мати такі розміри, щоб прохід або проїзд був легким і безпечним. Наприклад: підлоги приміщень не повинні мати нерівностей, отворів або небезпечних ухилів, двері аварійних виходів повинні відкриватись назовні і замикатись, так, щоб у випадку необхідності будь-яка особа могла легко і швидко їх відкрити без застосування додаткових засобів, захищеність робочих зон, шляхів пересування, аварійних виходів категорично забороняється. - виробниче приміщення повинні мати достатню площу і висоту, для раціонального планування робочих місць.

б) Згідно вимог НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»[24] для безпечного проведення робіт необхідно виконати наступні організаційні заходи:

- призначити працівників, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- видати наряд або розпорядження;
- видати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск;
- підготувати робочі місця та забезпечити допуск до роботи;
- забезпечити нагляд при виконанні робіт;
- при необхідності, організувати переведення на інше робоче місце;

- забезпечити оформлення перерв у роботі та порядок її закінчення.

До основних заходів захисту людини від ураження електричним струмом, відносять:

- забезпечення неможливості випадкового дотику до струмоведучих частин, що перебувають під напругою;
- електричний розподіл мережі;
- усунення небезпеки ураження з появою напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, що досягається захисним заземленням, зануленням і захисним відключенням;
- використання малих напруг;
- захист від випадкового дотику до струмоведучих частин кожухами, огороженням або подвійною ізоляцією;
- захист від небезпек можливих при переході напруги з вищої сторони на нижчу;
- контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- компенсація ємнісної складової струму замикання на землю;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів, блокувань, сигналізації та запобіжних пристроїв;
- організація безпечної експлуатації електроустановок

в) Для уникнення ураження органів зору необхідно:

- застосовувати захисних окулярів, які служать для захисту очей від випромінювання висококонцентрованого і потужного світлового пучка. Ці окуляри оснащені фігурними боковинами, що відкидаються зі світофільтрами оптична щільність яких дорівнює шість, тобто дані окуляри послаблюють випромінювання в 100000 раз.

Для уникнення травмування рухомими елементами випробувальної установки необхідно:

- огородити небезпечну зону;
- не торкатися рухомих частин обладнання.
- працювати на справній установці,

- своєчасно проводити заміну деталей, термін експлуатації яких вже закінчився.

- дотримуватися безпечної відстані (від 1.5 м до 2 м) до обладнання. - досліджувані зразки повинні бути надійно закріплені.

г) Заходи безпеки при роботі на шліфувальних і заточувальних верстатах:

- установка абразивних кіл на верстатах повинна проводитися тільки спеціально проінструктованими наладчиками;

- використання абразивних кіл з дефектами заборонено;

- абразивні кола повинні мати штамп або наклейку про випробування;

- порядковий номер кола і підпис особи, відповідальної за випробування;

- біля кожного верстата необхідно вивісити табличку із зазначенням допустимої роботи колової швидкості використовуваних кіл і частоти обертання шпинделя верстата в хвилину;

- при обертанні абразивного кола, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі захистити захисними кожухами;

- підручники повинні мати достатній за величиною майданчик для стійкого положення оброблюваного виробу;

- зазор між краєм підручника і робочою поверхнею шліфувального круга повинен бути не більше 3 мм;

- заборонено працювати без підручника, захисного екрана або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування абразивного пилу.

д) Для уникнення механічних травм при дослідженні зразків на твердість необхідно працювати на справному станку, своєчасно проводити заміну деталей, термін експлуатації яких вже закінчився та використовувати захисні окуляри та рукавиці; для виключення травмування органів зору передбачено застосування захисних окулярів, які служать для захисту очей від ушкоджень частками твердих тіл, що летять попереду, знизу і збоку. Ці окуляри оснащені фігурними боковинами, що відкидаються. Застосовувати прозорий екран для захисту очей робітника від поранень частками, що відлітають.

е) Правильне використання мікроскопа виходить тільки за умови раціональної комбінації об'єктів, окулярів. При вживанні їх треба враховувати, тому що збільшення повинно знаходитися в межах від 500 до 1000 апертур.

Крім правильної комбінації об'єктів і окулярів, не менш важливе значення має і правильне застосування світлофільтрів. Як правило, при роботі з об'єктивами-ахроматами слід застосовувати світлофільтри, а з апохроматами можна працювати і без них.

Об'єктиви-ахромати мають корекцію тільки для середніх кольорів видимої частини спектра, з цієї причини при білому світлі вони дають зображення з нечіткими контурами, пофарбованими головним чином по краю поля зору. Щоб погасити всі кольори, в яких об'єкт не має корекції, застосовують жовто-зелений світлофільтр. З огляду на те, що об'єктиви-апохромати мають корекцію майже для всіх кольорів видимої частини спектра, жовто-зелені світлофільтри для них зайві.

ж) Інтенсивна робота з персональними комп'ютерами, обладнаними візуальними дисплейними терміналами є причиною виникнення багатьох захворювань. Стан здоров'я користувачів ПК за суб'єктивними (скарга) і об'єктивними показниками (функціональний стан організму) залежить від типу роботи і умов її виконання. Всіх користувачів ПК можна умовно розділити на: - користувачів постійно працюючих з ПК відповідно до своїх професійних обов'язків; - користувачів, що працюють періодично (наприклад, учні, студенти). Робота користувача ПК виконується в одноманітній позі в умовах обмеження загальної м'язової активності при рухливості кистей рук, великому напруженні зорових функцій і нервово-емоційній нарузі під впливом наступних фізичних факторів:

- електростатичного поля;
- електромагнітних випромінювань у наднизькочастотному, низькочастотному та середньо частотному діапазонах (від 5 Гц до 400 кГц);
- рентгенівського, ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювань;
- випромінювань видимого діапазону;

- акустичного шуму;
- незадовільного рівня освітленості;
- незадовільних метеорологічних умов.

з) Параметри мікроклімату і чистоти повітря визначають згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»[25], в залежності від категорії фізичних робіт, для певних робочих місць (постійних і непостійних).

і) Засоби виявлення займань та пожеж передбачаються згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»[26].

В даний час можуть використовуватися:

- охоронно-пожежна сигналізація (ОПС) неадресного типу;
- порогова охоронно-пожежна сигналізація;
- адресно-порогова охоронно-пожежна сигналізація.

Первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники різних видів) передбачаються згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників»[26], зареєстрованих МЮ України 23.02.2018 г. за № 225/31677, в залежності від площі приміщення і класу пожежі (найбільш ймовірного).

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці визначаються відповідно до вимог Державних санітарних норм і правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», зареєстрованих МЮ України 06.05.2014 р. за № 472/25249, з урахуванням виявлених, в процесі аналізу потенційних небезпек, небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Санітарний клас виробництва і розміри його санітарно-захисної зони визначаються з урахуванням наявних шкідливих виробничих факторів.

Параметри мікроклімату і чистоти повітря визначають згідно вимог ДСН 3.3.6-042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», в залежності від категорії фізичних робіт, для певних робочих місць (постійних і непостійних).

Постійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться понад 50% робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то постійним робочим місцем вважається вся ця зона.

Непостійне робоче місце – це місце, на якому працюючий знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2-х годин безперервно.

Необхідно враховувати, що:

- для постійних робочих місць визначаються оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року;
- для непостійних робочих місць визначаються тільки допустимі параметри мікроклімату в холодний та теплий період року.
- в холодний період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна від 18 °С до 20 °С, допустима від 17 °С до 23 °С; відносна вологість: оптимальна від 40% до 60 %, допустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м/с, допустима не більше 0,3 м/с;
- в холодний період року на непостійних робочих місцях допустима температура: від 15 °С до 24 °С; допустима відносна вологість: 75 %; допустима швидкість переміщення повітря: не більше 0,3 м/с;
- в теплий період року на постійних робочих місцях: температура оптимальна від 21 °С до 23 °С, допустима від 18 °С до 27 °С; відносна вологість: оптимальна від 40% до 60 %, допустима від 40% до 60 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,3 м/с, допустима не більше 0,2-0,4 м/с;
- в теплий період року на непостійних робочих місцях допустима температура від 17 °С до 29 °С; допустима відносна вологість: 65 % при температурі 26 °С; допустима швидкість переміщення повітря: від 0,2 м/с до 0,4 м/с.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування»[27], визначається оптимальний склад і тип систем вентиляції, кондиціонування та опалення, які забезпечують підтримку передбачених параметрів мікроклімату і чистоти повітря.

Для опалення виробничих приміщень в холодну пору року, передбачена система центрального опалення, за допомогою повітряних опалювальних установок.

Виробниче освітлення організується і нормується згідно вимог ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення»[28], залежно від:

- розряду зорової роботи, тобто її характеристики (найменшого розміру об'єкта який різниться, світлості фону, контрасту об'єкта з фоном);
- виду і системи освітлення.

Також необхідно врахувати, що передбачається оптимальне (необхідне) освітлення виробничих приміщень і робочих місць:

- природне (бокове або верхнє);
- штучне: робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне, чергове;

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки визначаються відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні»[29].

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»[30], воно належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали.

- шляхи евакуації працівників на випадок пожежі (переходи, евакуаційні виходи) передбачають згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»[31].

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (лабораторії, офісу, тощо) обладнаному ПК з ВДТ встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «СигналВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Оскільки приміщення (лабораторії, офісу, тощо) що обладнане ПК з ВДТ має площу 39 м², тому відповідно до вимог п. 5 розділу VI «Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників», «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», зареєстрованих в МЮ України 23.02.2018 р. за № 225/31677 для гасіння електроустановок, що знаходяться під напругою, передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штук (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг. і більше, на 20 м² площі приміщення). Додатково, на кожному поверсі будівлі, в якій розміщене приміщення обладнане ПК з ВДТ, передбачене два переносних порошкових вогнегасника – ВП-5. Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

5.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Укриття населення в захисних спорудах є найбільш надійним способом захисту від впливу небезпечних факторів, що виникають унаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів. Залежно від захисних властивостей ці споруди поділяються на сховища і протирадіаційні укриття.

Сховище - герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів, які виникають унаслідок надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів. [32]

Протирадіаційне укриття - негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості.

Крім того, для захисту людей можуть застосовуватися найпростіші укриття. Найпростіше укриття - це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

Дані про місцезнаходження сховищ, протирадіаційних укриттів та найпростіші укриття можна уточнити в райдержадміністраціях, органах місцевого самоврядування, а також у районних відділах (секторах) Головного управління ДСНС України.

У нашій державі, згідно з діючими нормативними документами у галузі цивільного захисту, будівництво сховищ для захисту всього населення не передбачено. Захисні споруди будуються лише для тієї частини міського населення, яка продовжує виробничу діяльність у містах у воєнний час. Усе інше населення міст підлягає евакуації із зон можливих бойових дій (в основному в сільську місцевість).[32]

Порядок дій населення у випадку евакуації.

Перед тим, як залишити житло, необхідно: зачинити вікна; вимкнути газ>, воду та електроенергію; забрати продукти з холодильника.

Із собою мати такі документи: паспорт; військовий квиток; документи про освіту і фах; посвідчення про шлюб і народження дітей; пенсійне посвідчення; трудову книжку; інші документи.

Із собою мати такі речі: валізу (рюкзак) із теплим одягом, постільною білизною особистими речами і предметами гігієни; гроші; цінності; продукти харчування і воду на 3 доби. Загальна вага не повинна перевищувати 50 кг.

До валізи (рюкзака) прикріпити нашивку з позначенням адреси постійного місця проживання, прізвища евакуйованого і місця призначення. на одязі дітей мають бути нашивки з позначенням прізвища, імені та по батькові

евакуйованого, року народження, адреси постійного місця проживання і місця призначення.

Виконувати усі розпорядження посадових осіб евакуаційних і евакоприймальних органів. Дотримуватись дисципліни та порядку на маршруті (на шляху руху на транспорті) і в районі розселення за новим місцем розташування.

Особи, які мають на руках військові квитки з мобілізаційними приписами, евакуації не підлягають. Висока організованість та дисципліна кожного громадянина - це головне під час евакуації.

ВИСНОВКИ

Правильно підібраний матеріал та спосіб зварювання, проектування ділянки складання та зварювання резервуару для нафтопродуктів із застосуванням механізованих та роботизованих способів зварювання дозволить значно знизити трудові та матеріальні витрати, поліпшити умови праці робітників, що в свою чергу призведе до збільшення продуктивності праці, а також до зменшення собівартості продукту. Тобто заміна зварювання під флюсом на лазерне зварювання сприяє зниженню економічних витрат на матеріал (за рахунок можливості зварювати обичайки без оброблення кромки), правильно підібраний матеріал, дозволив знизити товщину стінки, а отже і витрати матеріалу в 1.5 рази, також заміна сприяє зниженню штучного часу на виготовлення резервуара, що в свою чергу значно знизить собівартість резервуару для зберігання нафтопродуктів в умовах низьких температур.

ПЕРЕЛІК ДРЕЖЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. РД 16.01-60.30.00-КТН Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м³ – М.: "Акционерная компания по транспорту нефти "Транснефть", 2010. – 45 с.
2. Кондрашова С.Г. Причинно-следственный анализ аварий вертикальных стальных резервуаров / С.Г. Кондрашова, М.Н. Назаров // Нефтегазовое дело, 2004. – 8–15 с.
3. Швырков С.А. Анализ статистических данных разрушений резервуаров / С.Г. Кондрашова, М.Н. Назар. – М.: Машиностроение, 2010. – 132 с.
4. Розенштейн И.М. Аварии и надежность стальных резервуаров / И.М. Розенштейн. – М.: Недра, 1995. – 253 с.
5. Аварии резервуаров и способы их предупреждения: научно-техническое издание / В.Б. Галеев, Д.Ю. Гарин, О.А. Закиров и др. Под. ред. проф. Галеева В.Б. и Шарафиева Р.Г. – Уфа ГУП. «Уфимский полиграфкомбинат», 2004. – 164 с.
6. Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, М28 А.С. Зубченко, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. Ю.Г. Драгунова. – М.: Москва, 2014. — 1216 с.
7. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие. 2-е изд. – Лань, 2012. – 272 с.
8. Марочник сталей / В.Г. Сорокін, А.В. Волоснікова, С.А. Вяткін і ін; За заг. ред. В.Г. Сорокіна. - М.: Машинобудування, 1989. – 640 с.
9. Макаров Е.Л. Холодні тріщини при зварюванні легованих сталей. М.: Машинобудування, 1981 .- 247 с
10. Машинобудівні сталі. Довідник. / В.М. Журавльов, О.І. Миколаєва. - М.: Машинобудування, 1981. – 391 с.
11. Грезев А.Н. Плазмообразование при лазерной сварке с глубоким проплавлением. – М.: Сварочное производство, 2005. - С. 20–25.

12. Grezev A.N. Plasma formation in laser welding. –М.: Welding International, 2005. – 813 с.
13. Щеглов П.Ю., Успенский С.А., Петровский В.Н. и др. Исследование паро-плазменного факела при сварке мощным волоконным лазером. – В кн.: Сборник научных трудов конференции "Научная сессия МИФИ-2011", 2011, т.2, с. 90.
14. Катаяма С. Справочник по лазерной сварке. –М.:Техносфера, 2015 – 704 с.
15. Быков В. П., Силичев О.О. Лазерные резонаторы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 с.
16. Смирнов В.Н., Скрипченко А.И., Штернин Л.А. Новая «лазерная» революция. – Мир металлов, №6, 2005, с.48-49.
17. О. Звелто. Принципы лазеров: Пер. с англ. Е.В. Сорокина и др; Под ред. Т.А. Шмоанова – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Мир, 1990. – 558 с.
18. Тех паспорт робота IRB-2600 [Электронный ресурс]. – 2017, - Режим доступа: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-2600/irb-2600-data>.
19. Бондин И.И. Контроль качества сварных соединений и конструкций. Бондин И.И. – М.: Машиностроение, 1962 – 160 с.
20. Николаев Г.А. Расчет, проектирование и изготовление сварных конструкций. Николаев Г.А, Дуркин С.А. А.:Высшая школа, 1971 – 760с.
21. Грачева К.А. Экономика, организация и планирование сварочного производства. – М.: Машиностроение, 1984 – 368 с.
22. Круглікова В.В. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ щодо виконання економічного розділу дипломного проекту здобувачами вищої освіти технічних спеціальностей за освітнім ступенем «магістр», - Запоріжжя: Кафедра підприємництва, торгівлі та біржової діяльності, НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 12с.
23. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-7.11-12. – На заміну наказу

МНС України від 26.12.2011 № 1350 ; чинний від 2012-03-16. – К. : МНС України, 2012. – 116 с. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-12>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці).

24. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Текст] : НПАОП 40.1-1.32-01. На заміну глав 5.4 5.5 7.1 7.2 7.3 7.4 7.6 Правил устройства электроустановок, затв. Міненерго СРСР 06.07.1984 р. ; чинний від 2002-01-01. – К. : Мінпраці України, 2001. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01/card2#Card>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці).

25. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]: ДСН 3.3.6.042-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999. – URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. – (Державні санітарні норми).

26. Системи протипожежного захисту [Текст]: ДБН В.2.5-56:2014. – На заміну ДБН В.2.5-56:2010 ; СНиП 2.04.05-91 (розділи 5 та 22) ; чинний від 2015-07-01. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 191 с. – (Державні будівельні норми).

27. Опалення, вентиляція та кондиціонування [Текст] : ДБН В.2.5-67:2013. – На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України)

28. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс]: ДБН В.2.5-28-2018. – Чинний від 28.02.2019. – К. Мінрегіон України, 2018 – URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_v_2_5_28/1-1-0-1188

29. Правила пожежної безпеки в Україні [Електронний ресурс]: НАПБ А.01.001-2014. – Чинний від 30.12.2014. – К. Міністерство юстиції України, 2018 – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>

30. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Електронний ресурс]: ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – Чинний від 01.01.2017. – К. Мінрегіон України, 2016 – URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759

31. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги [Електронний ресурс]: ДБН В.1.1-7:2016. – Чинний від 01.07.2017. – К. Мінрегіон України, 2016 – URL: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-88>

32. Конспект лекцій дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі», змістовний модуль «Цивільний захист», для студентів усіх спеціальностей та всіх форм навчання / Укл.: М. О. Журавель – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». Каф. ОП і НС, 2020 р. – 49 с.

Лист	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
			Документація		
		ГКІЮ 197420.001	Складальне креслення	1	
			Складальні одиниці		
1			Обичайка нижня	1	
2			Обичайка середня	1	
3			Обичайка верхня	1	
4			Днище	1	
5			Патрубок	1	
6			Кришка верхня	1	
7			Стійка опорна	3	
8			Вилка	1	
9			Втулка підтр.	1	
10			Вилка підтр.	1	
11			Деталі	2	
12			Болт підтр.	1	
8			Рим стропувальний	4	
14			Підпора зчепл.	1	
15			Дифузор	1	
16			Вигнутий кріпл.	1	
17			Вилка зчепл.	1	
18			Пластина	1	
19			Возможні варіанти з'єдн.	1	

				ГКІЮ 197420.001		
жк	№ докум.	Підпис	Дата	Резервуар		
1	Жмцрко М.В.	<i>Жмцр</i>	17.12.20			
2	Білоник І.М.	<i>Білон</i>	17.12.20			
3	Шчмикин С.О.	<i>Шчм</i>				
4	Овчинников О.В.	<i>Овч</i>		НУ"ЗП", каф. ОТЗВ Група ІФ-419м		
				Літ.	Аркцш	Аркцшів
				Д\П	1	9

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		Документація		
	ГКІЮ 197420.003	Загальний вигляд	1	
		Складальні одиниці		
1		Зварювальна головка	1	
2		Лазерне джерело	1	
3		Захистна камера	1	
4		Корпус	1	
5		Кільцеве сопло	1	
6		Повітряний дефлектор	1	
7		Ползун	1	
8		Втулка	1	
9		Впуск повітря	1	
10		Випуск повітря	1	
11		Кільцева шайба	2	
12		Бокові проіми	1	
13		Впуск стисненого захисного газу	1	
14		Напірна камера	1	
15		Дифузор	1	
16		Вигнутий канал	1	
17		Вихід сопла	1	
18		Пластина	1	
19		Взаємодоповнююча різьба	1	

ГКІЮ 197420.003

Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
10.	Жмцрко М.В.	17.11.10	
11.	Білоник І.М.	17.12.10	
12.	Щурикін С.О.		
13.	Обчинников О.В.		

Лазерна головка

Літ.	Аркцш	Аркцшів
Д\П\	3	9
НУ"ЗП", каф. ОТЗВ		
Група ІФ-419м		

Розроб.	Жмурко		
Перевір.	Білоник		
Н. контр.	Шумикін		
	Листів 5	Лист	

[illegible]

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листів 5	Лист 2		
Розроб.			Жмурко											
Перевір.			Білоник								ГКІЮ 197420.010			
Н. контр.			Шумикін								ГКІЮ 197420.010			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа				
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код					ППП	ОВ	ОН	КД	Н. расх
А 01	Транспортна													
Б 02	Кран мостовий													
О 03	Встановити обичайку на установку для складання поздовжніх швів													
	0,1													
А 04	Складальна													
Б 05	Напівавтомат КІТ-305 SMIG/MAG, Установка для складання поздовжніх швів													
О 06	Виконати прихватку з'єднання. Приварити вивідні планки													
	1,5													
Р 07	I _{зв} = 250-300А, U _{зв} =28-30В, V _{зв} =16-20м/год. Q _г = 18-20 л/хв. Струм постійний, полярність зворотна													
М 08	Дріт СВ-08Г2С d _г =2 мм, газ CO ₂ + 30%O ₂													
А 09	Транспортна													
Б 10	Кран мостовий													
О 11	Встановити зібрану обичайку на установку для зварювання поздовжніх швів													
	0,1													
А 12	Зварювана													
Б 13	Зварювальний робот IRB-2600. Установка для зварювання поздовжніх швів													
О 14	Зварювання з середини, потім зовні													
	2,05													
Р 15	P=18кВт, V _{зв} =1,2/хв, Q _г = 18-20 л/хв													

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листів 5	Лист 3		
Розроб.		Жмурко									ГКІО 197420.010			
Перевір.		Білоник												
Н. контр.		Шумикін												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа				
Б	Код, найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі, скл. одиниці або матеріалу				Позначення, код					ППП	ОВ	ОН	КД	Н. расх
А 16	Транспортна													
Б 17	Кран мостовий													
О 18	Встановити нижню обичайку на установку для складання-зварювання днища з обичайкою													0,1
А 19	Складальна													
Б 20	Зварювальний робот IRB-2600													
О 22	Прихватити днище до нижньої обичайки													1,5
Р 23	P=18кВт, V _{зв} =1.2/хв, Q _г = 18-20 л/хв													
А 24	Зварювана													
Б 25	Зварювальний робот IRB-2600													
О 26	Зварювання днища з нижньою обичайкою													2,55
Р 27	P=18кВт, V _{зв} =1.2/хв, Q _г = 18-20 л/хв													
А 28	Транспортна													
Б 29	Кран цеховий													
О 30	Встановити верхню обичайку на установку для складання-зварювання кришки з обичайкою													0,1
А 31	Складальна													
Б 32	Зварювальний робот IRB-2600													
О 33	Прихватити кришку до верхньої обичайки, і люк до кришки													1,5
Р 34	P=18кВт, V _{зв} =1.2/хв, Q _г = 18-20 л/хв													

[illegible]

[illegible]