

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Інженерно-фізичний факультет
(повне найменування інституту, назва факультету)

Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

До дипломного проєкту (роботи)

Магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Технологія збирання та зварювання повітряного резервуару»

Виконав: студент 2 курсу, групи Іф-312м

Напряму підготовки (спеціальності)

131 Прикладна механіка

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Фертюк Юрій Володимирович

Керівник Міщенко В. Г.

Рецензент Єршов А. В.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Інженерно-фізичний

Кафедра Інтегровані технології зварювання та моделювання конструкцій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка


(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Технологія та устаткування зварювання

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри к.т.н., доцент

Капустян Олексій Євгенович 

«15» грудня 2023 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

ФЕРТЮКА ЮРІЯ ВОЛОДИМИРОВИЧА

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Технологія збирання та зварювання повітряного резервуару

керівник проекту (роботи) Міщенко Валерій Григорович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» грудня 2023 року № 509.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 25.12.2023

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Постановка задачі; креслення виробів. матеріал виробу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз вихідних даних; 2 Аналіз конструктивно-технічних особливостей зварних виробів; 3 Технологічний процес збирання та зварювання виробу; 4 Проектно-конструкторські розробки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) 6 плакатів. Повітряний резервуар високого тиску, Пристосування для складання обичайки під зварювання, Установка для зварювання поздовжнього шва обичайки, Установка для приварювання бобишок, Пристосування для збирання обичайки з днищами, Схема розташування зварювання резервуарів.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
	Ст. вик. Корнієнко Олена Борисівна		<i>Корн 22.12.23</i>
<i>4-4</i>	<i>проф. Міценко Валерій Григорович</i>	<i>Міц 09.09.23</i>	<i>Міц 09.12.23</i>

7. Дата видачі завдання « 29 » 09 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розробка плану роботи	01.09.2023	
2	Збір даних	15.09.2023	
3	Аналіз вихідних джерел	22.09.2023	
4	Розроблення першого та другого розділу	02.10.203	
5	Розроблення третього та четвертого розділу	12.10.2023	
6	Виконання креслень	13.11.2023	
7	Оформлення проекту та нормоконтроль	17.12.2023	
8	Захист кваліфікаційної роботи	25.12.2023	

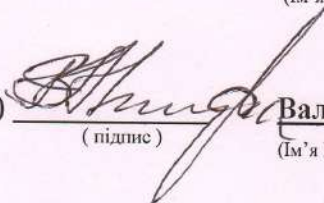
Студент


(підпис)

Юрій ФЕРТЮК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Валерій МІЩЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 80 с., 10 рис., 7 табл., 5 додатків, 22 джерела, 6 аркушів.

РЕЖИМИ ЗВАРЮВАННЯ, ФЛЮС, СТАЛЬ, ДНИЩЕ, ОБИЧАЙКА, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ АВТОМАТ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ДРІТ.

Об'єкт розробки – технологічний процес збирання та зварювання повітряного резервуару з плануванням дільниці.

Мета роботи – розробка технології та плану дільниці збирання і зварювання резервуару.

Надана характеристика виробу і технічні умови на виготовлення.

Здійснений аналіз технологічного процесу на базовому підприємстві та розроблений альтернативний варіант технологічного процесу з розрахунком норм часу на виготовлення. Вибрані режими зварювання, зварювальні матеріали та обладнання для зварювання. Розроблено стандартне обладнання для зварювання. Розроблено нестандартне обладнання, оснащення для зварювання і описана їхня конструкція і принцип дії.

Виконані розрахунки техніко-економічних показників та розраховано економічний ефект від впровадження нової технології. Розроблений план дільниці для збирання і зварювання резервуарів.

ABSTRACT

EN: 80 p., 10 figs, 7 tables, 5 applications, 22 sources, 0 sheets.

WELDING CONDITIONS, FLUXES, STEEL, BOTTOM, WELDING, MACHINE, WELDING WIRE.

Property development – the process of welding and assembly of the main air reservoir with planning station.

Purpose – Technology development plan and site assembly and welding tank.

Provided the product description and technical specifications for manufacturing.

The analysis process at the basic company and developed an alternative process to the calculation of standard time in the making. Favorites modes welding, welding supplies and welding equipment. Developed standard equipment for welding. A non-standard equipment, tools and describe their construction and principle of operation.

The calculation technical-economic indicators and calculated the economic effect from the introduction of new technology. Developed a plan to station assembly and welding tanks.

ЗМІСТ

Завдання на проєкт	2
Реферат	5
Abstract	6
Зміст	7
Перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів	9
Вступ	10
1 Аналіз вихідних даних	11
1.1 Мета дипломного проєктування	11
1.2 Задача дипломного проєктування	11
2 Аналіз конструктивно-технічних особливостей зварних виробів	12
2.1 Аналіз технологічності з використанням стандартних методик	12
2.2 Перевірочний розрахунок виробу на міцність	14
2.3 Технічні умови для виготовлення виробу	16
2.3.1 Вимоги до основних та допоміжних матеріалів	16
2.3.2 Вимоги до виготовлення виробу	17
2.3.3 Правила приймання та методи контролю якості	19
2.4 Виріб та обґрунтування типу виробництва, режиму праці та фондів часу	22
3 Технологічний процес збирання та зварювання виробу	24
3.1 Аналіз технології збирання та зварювання виробу на базовому підприємстві	24
3.2 Альтернативний технологічний процес збирання та зварювання виробу та його аналіз	25
3.3 Виріб засобів виконання збиральних та зварювальних робіт	27
3.4 Розрахунок режимів зварювання	29
3.5 Вибір зварювальних матеріалів	31
3.5.1 Вибір зварювальних матеріалів	31
3.5.2 Вибір захисних газів	32

3.5.3 Вибір зварювального дроту	33
3.6 Вибір обладнання і його технічні характеристики	33
3.7 Технічне нормування технологічних операцій і розрахунок трудомістких робіт	36
4 Проектно-конструкторські розробки	47
4.1 Технічне завдання на проектування нестандартного обладнання та оснащення	47
4.2 Опис пристрою та принципу дії обладнання	50
4.2.1 Пристрій та його робота при збиранні обичайки під зварювання	50
4.2.2 Розрахунок діаметра поршнів пневмопритискачів	52
4.2.3 Улаштування і робота установки для зварювання поздовжнього шва обичайки	55
4.2.4 Улаштування і робота установки для вирізання отворів	56
4.2.5 Улаштування і робота установки для приварки бобишок	58
4.2.6 Улаштування і робота пристосування для збирання обичайки з днищем	60
4.2.7 Улаштування і робота установки для зварювання обичайки з днищем	61
4.3 Розрахунок необхідної кількості обладнання, персоналу і оснащення	62
4.3.1 Розрахунок кількості обладнання і оснащення	62
4.3.2 Розрахунок кількості персоналу дільниці	65
4.4 Вибір і розрахунок транспортних засобів	67
4.5 Розрахунок і план дільниці	69
Висновки	72
Перелік джерел посилань	73

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК, ОДИНИЦЬ І ТЕРМІНІВ

σ – границя міцності, МПа;

r – внутрішній радіус, мм;

S – товщина стінки, мм;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

D_e – діаметр електродного дроту, мм;

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

U_d – напруга на дузі, В;

$V_{зв}$ – швидкість зварювання, м/год;

F – площа поперечного перерізу шва, мм;

L – довжина шва, м

n_1 – кількість прихваток;

D – зовнішній діаметр поршня, мм;

P_0 – тиск повітря в мережі, МПа;

E – модуль пружності, МПа;

δ – товщина обичайки, мм;

G – модуль міцності, МПа;

Δ_1 – зміщення кромки відносно один одного, мм;

N_i – річна програма, шт.;

R_o – чисельність основних робітників, люд;

$N_{он}$ – кількість кранових операцій;

W – потужність всього обладнання, кВт

ВСТУП

Випуск зварних конструкцій та рівень механізації зварювальних робіт зростає з року в рік. Досягнуті в галузі автоматизації та механізації зварювальних процесів дозволили корінним чином змінити технології таких важливих об'єктів як доменні печі, мости, трубопроводи, судна, хімічне обладнання, гідротурбін та транспортне обладнання.

Особлива увага приділяється якості зварних конструкцій, оскільки працездатність останніх обмежена з приводу накопичення в них під час експлуатації внутрішніх пошкоджень, обумовлених тривалим впливом механічних та термічних навантажень, а також агресивних середовищ. Під дією цих факторів змінюється як внутрішня структура матеріалу, так і його реальні механічні властивості, що призводить до небезпечного стану конструкцій.

Проведені за останні роки дослідження показують, що якість зварних з'єднань коливається в широких межах і за окремими галузям промисловості і будівництва може бути досить низьким.

Актуальною проблемою в повітряно–плазмовому різанні, напиленні, піскоструменевій обробці є підвищення якості, безпеки експлуатації, а також зниження собівартості продукції. Одним з найважливіших вузлів в цих галузях є головний повітряний резервуар. Який відповідає за постачання стисненого повітря до місць проведення робіт. Отже, його надійна експлуатація на протязі всього строку служби і зменшення собівартості при виготовленні вкрай важливі на сьогоднішній день.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ

1.1 Мета дипломного проектування

Зварювальне виробництво в Україні займає одне з провідних областей техніки. Досягнутий високий рівень розвитку зварювальної техніки слугує міцною базою для подальшого збільшення продуктивності праці, економії матеріалів і енергії в народному господарстві, а також підвищення якості та зниження собівартості зварної конструкції.

Метою даного проекту є розробка ділянки та технології зварювання повітряного резервуара.

1.2 Задача дипломного проектування

Розвиток електровозоремонтної галузі за останні роки характеризується активно прогресуючим впровадженням зварювальних процесів. Виготовлення сплавів та покриттів здатних працювати у важких умовах стає першочерговим завданням електровозоремонтної галузі.

Основним завданням дипломного проектування є:

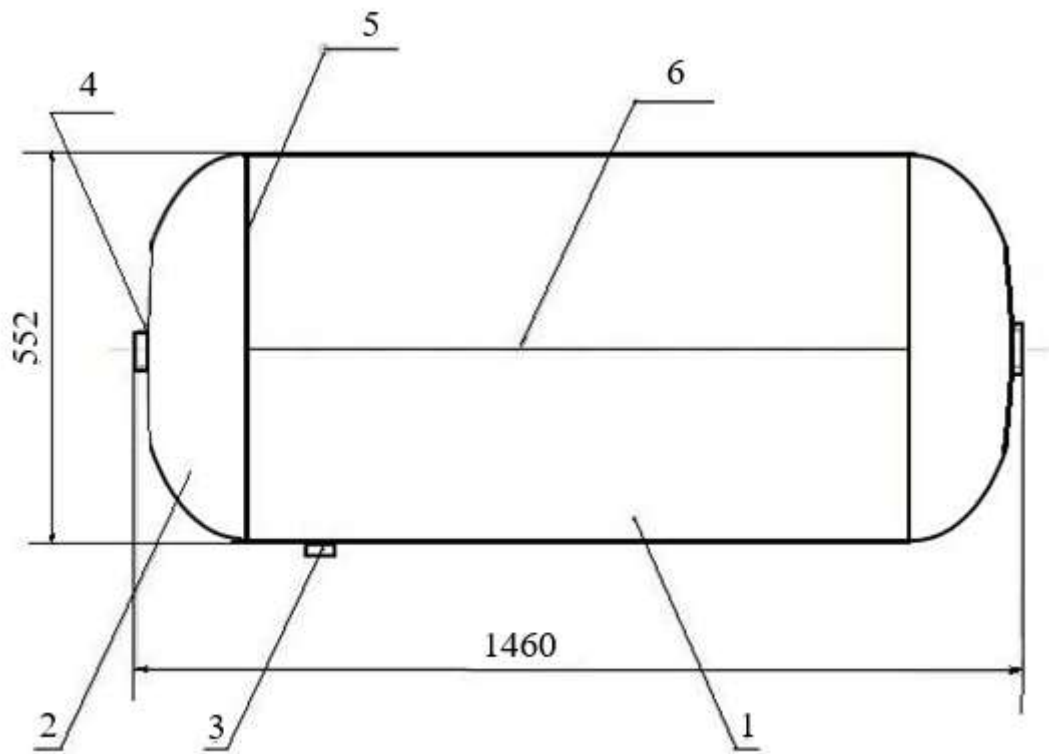
- розроблення сучасних прогресивних технологічних процесів зварювання повітряних резервуарів і вибір обладнання та технологічного оснащення;
- розрахунок основних елементів виробництва і організації виробничого процесу;
- розрахунок і проектування сучасного зварювального обладнання;
- техніко–економічне обґрунтування технологічного процесу зварювання повітряного резервуара і використання нової техніки;
- техніко–економічні розрахунки та визначення економічної ефективності, і на цій основі вибір оптимальних рішень.

2 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗВАРНИХ ВИРОБІВ

2.1 Характеристика зварного виробу, аналіз технологічності з використанням стандартних методик

Резервуар 300л. є основним повітряним резервуаром системи стиснутого повітря і призначений для живлення цієї системи тиском 0,9 МПа.

Головний повітряний резервуар (рис. 2.1) встановлюють як можна ближче до гвинтового повітряного компресору.



1 – циліндр; 2 – днище; 3 – бобишка; 4 – ГОСТ 8713-79-Аф; 5 – ГОСТ 8713 – 79 - С5-Афа – ; 6 – ГОСТ 8713-79-С4-Афм;

Рисунок 2.1 – Загальний вигляд резервуара.

При експлуатації резервуару на нього впливають ряд факторів:

– атмосферні умови (опади, спека, холод);

- вібрація, що передається від компресора до резервуара;
- вологість повітря, що наповнює резервуар.

Зварна конструкція резервуара виготовлена з низьковуглецевої сталі ВСтЗсп5 ДСТУ 2651: 20051 ГОСТ 380 – 2005.

Резервуар складається з обичайки товщиною 6 мм, звареної одностороннім стиковим з'єднанням без оброблення кромки, двох відбортованих днищ виготовлених штамповкою і приварених до обичайки встик кільцевим швом без оброблення кромки, виконаним на підкладці, яка залишається і трьох бобишок приварених до днищ та обичайки.

Структурна схема резервуару приведена на рис. 2.2

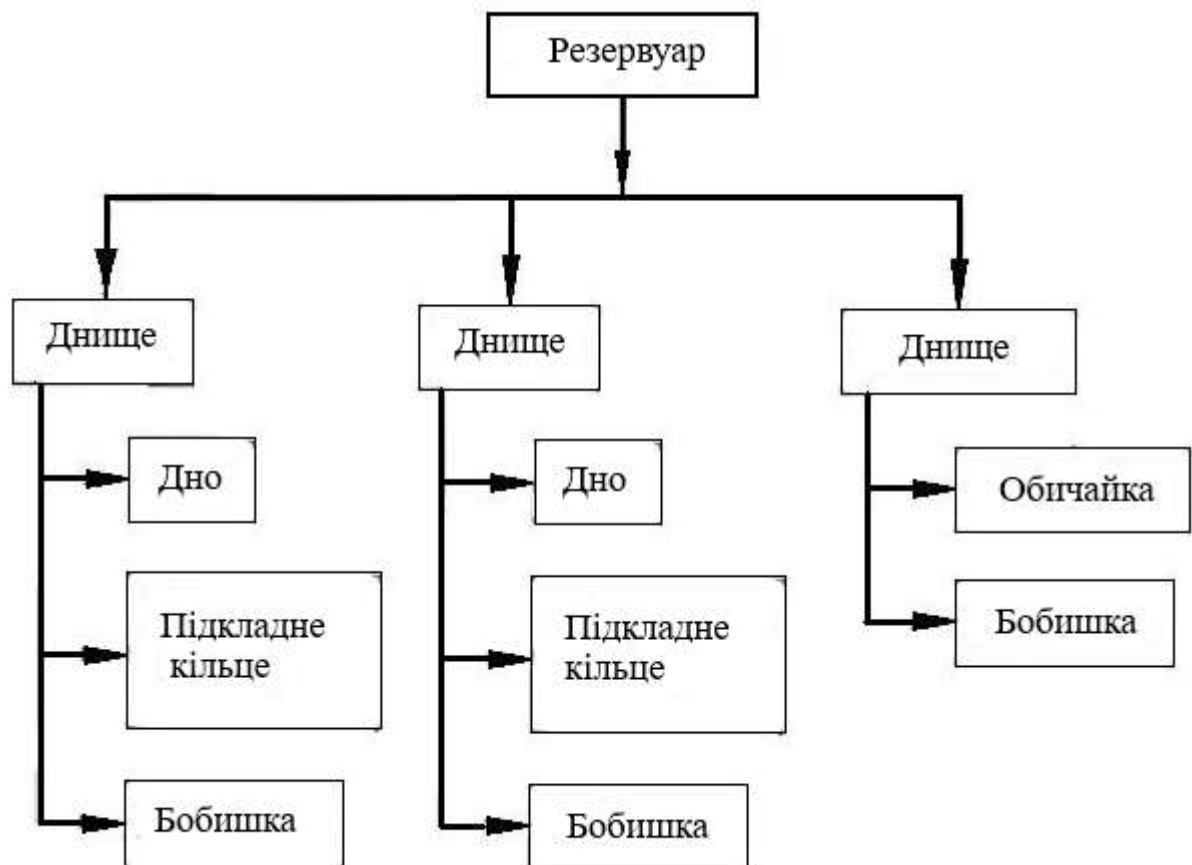


Рисунок 2.2 – Структурна схема резервуару.

Оскільки резервуар виготовлений з низьковуглецевої сталі, яка має добру зварюваність і низьку чутливість до концентрації напружень, а також всі шви резервуару розташовані в легкодоступних місцях, що не ускладнює зварювання та дає можливість використовувати механізовані способи збирання та зварювання,

що в свою чергу знижує трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, він є технологічним у виготовленні.

2.2 Перевірочний розрахунок виробу на міцність

Розрахунок зварних конструкцій, що працюють під тиском, виконується за методом допустимих напружень. Норми допустимих напружень встановлені в залежності від умов експлуатації [1]. Розрахункова схема навантаження резервуару представлена на рис. 2.3.

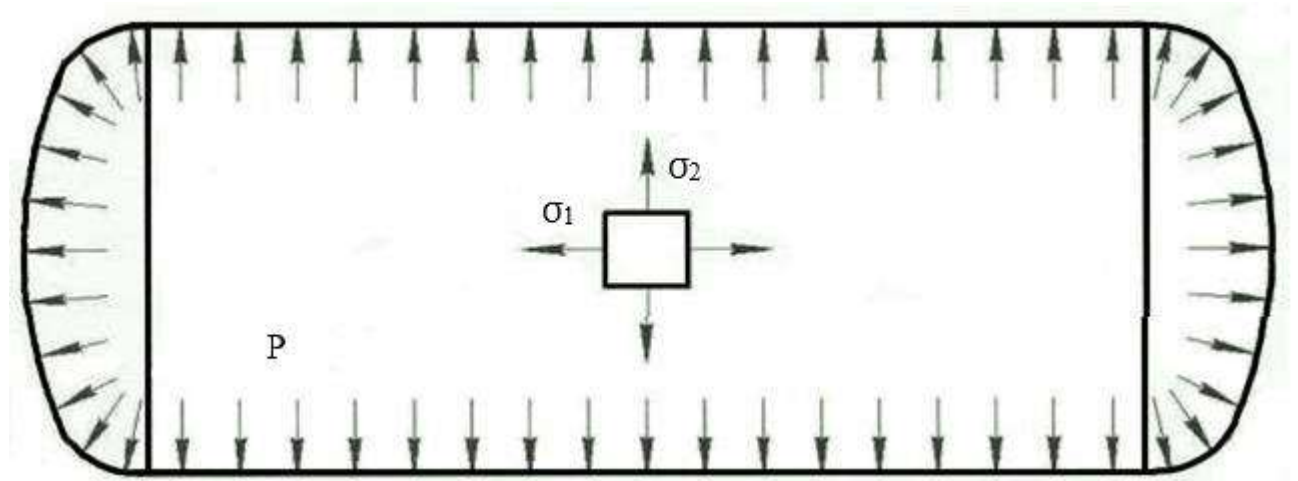


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема навантаження резервуару.

Виходячи з розрахункової схеми в резервуарі діють кільцеві σ_2 та поздовжні σ_1 напруження, що виникають внаслідок дії сили тиску P [1].

Перевірочний розрахунок резервуара на міцність виконують за наступними формулами [2].

Розрахунок циліндра:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{P \cdot [2r + (s - c)]}{2 \cdot (s - c)}, \quad (2.1)$$

- де P – тиск в резервуарі, $P = 0,9$ МПа;
 r – внутрішній радіус циліндра, $r = 270$ мм;
 s – товщина стінки, $s = 6$ мм;
 c – прибавка до розрахункової товщини стінки, $c = 1$ мм [1];
 φ – коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi = 0,8$ [2].

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{0,9 \cdot [2 \cdot 270 + (6 - 1)]}{2 \cdot (6 - 1) \cdot 0,8} = 61,3 \text{ МПа}$$

Розрахунок днища:

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{0,5 \cdot P \cdot [r + (s - c)]}{2 \cdot (s - c) \cdot \varphi}, \quad (2.2)$$

- де P – тиск в резервуарі, $P = 0,9$ МПа;
 r_1 – внутрішній радіус циліндра, $r_1 = 500$ мм;
 s – товщина стінки, $s = 6$ мм;
 c_1 – прибавка розрахункової товщини стінки, $c_1 = 3$ мм [1];
 φ – коефіцієнт міцності зварного шва, $\varphi = 0,8$ [2];

$$\sigma_{\text{пр}} = \frac{0,5 \cdot 0,9 \cdot [500 + (6 - 3)]}{2 \cdot (6 - 3) \cdot 0,8} = 47,15 \text{ МПа}$$

Виходячи з розрахунків видно, що на резервуар під час його експлуатації діють значно менші напруження, ніж допустимі $[\sigma] = 154$ МПа [2]. У зв'язку з цим можна зробити висновок, що резервуар є придатним для експлуатації в даних умовах.

2.3 Технічні умови виробу

2.3.1 Вимоги до основних та допоміжних матеріалів

Головні повітряні резервуари виготовляють зі сталі ВСтЗсп5 ДСТУ 2651 : 20051 ГОСТ 380-2005 з додатковими вимогами за вмістом сірки та гарантією зварюваності із вказаним в табл. 2.1 та 2.2 хімічним складом та механічними властивостям [3].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі, ДСТУ 2651:2005.

Марка сталі	Масова частка елементів, %						
	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr
ВСтЗсп5	0,14 - 0,22	0,40 - 0,65	0,0 3 -0,05	≤ 0,04	≤ 0,04	≤ 0,3	≤ 0,3

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі для товщини листа 5– 9 мм

Марка сталі	Тимчасовий опір розриву МПа	Границя текучості МПа	Відносне видовження δ_5 , %	Вигин На 180°	Ударна в'язкість КСУ, МДж/м ² , поперек прокату		
					При температурі		Після механічного старіння
					20	40	
ВСтЗсп5	380–490	250	26	d=0,5a	0,8	0,4	0,4

Для виготовлення резервуару використовують зварювальні матеріал та сталь однієї партії.

Сталь, яка використовується для зварювання резервуарів, повинна мати сертифікат відповідності за хімічним складом та механічними властивостями з результатами випробувань.

Листи імпортованої сталі підлягають перевірці не залежно від наявності сертифікату.

Зварювальний дріт Св–08Г2С і Св–08А, використаний для зварювання резервуарів повинен відповідати ДСТУ ISO 544: 2004 [4], та мати сертифікат якості.

Поверхня дроту повинна бути чистою і гладкою без тріщин, розшарувань, закатів, раковин, забоїв, окалини, іржі, масла та інших забруднень. На поверхні дроту допускаються риси (в тому числі затягнуті), подряпини, місцева рябизна і окремі вм'ятини. Глибина зазначених вад не повинна перевищувати граничного відхилення по діаметру дроту.

На поверхні дроту не допускається наявність технологічних мастил, за виключенням слідів мильного мастила без графіту і сірки.

Зварювальна суміш (18% CO₂ , 82% Ar) повинна відповідати вимогам ТУ 24.1– 05761850 – 020; 2006 та мати сертифікат якості.

Зварювальний флюс, використаний для зварювання повинен відповідати ГОСТ 9087–81 і мати сертифікат якості.

Перед використанням, флюс необхідно перевірити на однорідність за зовнішнім виглядом, визначити його хімічний склад, величину зерна, об'ємну вагу та вологість. Щоб уникнути утворення порожнин в металі шва вологість повинна бути не більше 0,1%.

2.3.2 Вимоги до виготовлення виробу

Головні повітряні резервуари локомотива повинні виготовлятися відповідно до ГОСТ 5520 – 79.

Підготовка місць під зварювання і шви зварних з'єднань повинні відповідати ДСТУ 3491-96 [5].

До виконання зварювальних робіт допускаються зварювальники, які склали

екзамени у відповідності до правил «Правил атестації зварювальників», які допущені до виконання робіт на об'єктах котлонагляду та мають посвідчення встановленої форми.

Дані про виконання зварювальних робіт, зварювальні матеріали, випробування зварних швів, прізвища зварювальників записують в журнал резервуара.

Перед початком зварювання повинно бути перевірено якість складання елементів, які з'єднуються, а також стан кромки, які стикаються та прилеглих до них поверхонь. Кромки швів та прилеглі до них поверхні мають бути зачищені до металевого блиску на ширину не менш як 20 мм.

Не дозволяється перевищення зміщення кромки листа для поздовжнього стикового шва більш ніж 10% від товщини листа і більше 2 мм днища відносно кромки обичайки.

Технологія зварювання повинна передбачати такий порядок зварювання, при якому решта напружень будуть мінімальними. Не дозволяється підгонка кромки ударним способом або місцевим нагріванням.

Не дозволяється ведення зварювальних робіт при виготовленні резервуарів та їх елементів при температурі навколишнього повітря нижче +5 °С і наявності протягів. Зварні з'єднання і шви підлягають клеймуванню згідно з інструкцією: «Інструктивні вказівки зі зварювальних та наплавлювальних робіт». Дефекти швів, що допускають до виправлення:

–тріщини всіх видів і напрямків у зварному шві, у зоні термічного впливу і основному металі;

–не заварені кратери;

–проплавлення зварного шва;

–напливи;

–підрізи глибиною більше 0,15 мм, протяжністю більше 2 мм у кількості трьох на 100 мм довжини шва;

- свищі;
- непровари в поздовжньому зварному шві;
- пори у вигляді суцільної стінки;
- скупченні пор і включень.

Внутрішні дефекти:

- тріщини всіх видів і напрямів у зварному шві, зоні термічного впливу і в основному металі;
- непровари;
- пори;
- окремі пори або шлакові включення розміром більше 1,5 мм.

Всі перераховані вище дефекти підлягають обробленню з подальшим заваренням.

2.3.3 Правила приймання та методи контролю якості

Контроль зварних з'єднань виконують:

- зовнішнім оглядом;
- ультразвуковим дефектоскопом;
- механічними випробуваннями;
- гідравлічними випробуваннями.

Зовнішньому огляду і вимірюванням піддаються всі зварні шви.

Перед зовнішнім оглядом поверхня шва і прилеглі ділянки металу шириною не менше 20 мм в обидві сторони від шва повинні бути зачищені від шлаку та інших забруднень до металевого блиску.

Огляд і виміри зварних з'єднань виконувати з обох боків по всій довжині швів відповідно до вимог ГОСТ 3242 – 79 і відомчих інструкцій зі зварювання і

зварних з'єднань.

Зварні з'єднання повітряного резервуара перевірити ультразвуковим дефектоскопом не менше 50% довжини кожного днища і не менше 50% довжини шва обичайки. Місця з'єднань (перехрещень) зварних з'єднань перевіряти обов'язково. У випадку виявлення дефектів виконується 100% перевірка зварних з'єднань.

Ультразвуковою дефектоскопією виконати в лабораторії, яка має відповідну ліцензію і акредитована Держнаглядом праці.

До даної роботи допускають спеціалістів не нижче другого рівня акредитації у відповідності до ДНАОП 0.001–1.27–97.

Результати контролю оформлювати відповідним актом у двох примірниках. Дефектні місця вирізати і переварити з подальшою перевіркою ультразвуковим контролем. Переварені дефектні місця занести у відповідний акт у двох примірниках.

Зварні стикові з'єднання повітряних резервуарів підлягають наступним обов'язковим механічним випробуванням на статичний розтяг, статичний вигин, а також на стиснення і ударну в'язкість.

Механічні випробування та металографічні дослідження зразків виконуються у лабораторіях, які мають відповідну ліцензію і акредитацію Держстандарту України.

Механічні випробування зварних з'єднань повинні бути виконані у відповідності до ГОСТ 6996–87, при цьому випробування на ударну в'язкість зварних з'єднань резервуарів слід проводити при температурах металу вказаних у ДСТУ 2651: 20051, ГОСТ 3802005.

Перевірку механічних властивостей зварних з'єднань здійснюють на зразках-свідках [6]. Останні повинні бути ідентичними за маркою сталі та виготовленні з того ж матеріалу, що і резервуар.

При зварюванні контрольних пластин, які призначені для перевірки механічних властивостей зварних з'єднань, пластини необхідно прихопити до елементів, які зварюються так, щоб шов контрольної пластини був продовженням

шва виробу.

При автоматичному зварюванні резервуара на кожен виріб повинна зварюватись одна контрольна пластина. Розміри контрольних пластин повинні бути 200x83 мм.

З кожного контрольного стикового зварного з'єднання повинні бути вирізані по два зразки для випробувань на ударну в'язкість.

Контрольні зразки повинні бути піддані ультразвуковому контролю по всій довжині.

При випробуваннях зварних з'єднань на статичний розтяг, тимчасовий опір розриву повинен бути не нижче мінімального значення для основного металу.

При випробуваннях зварних з'єднань на статичний вигин мінімально допустимий кут вигину, при якому утворюється тріщина у розтягнутій зоні зразка, повинен складати не менше 100 градусів.

При випробуваннях зварних з'єднань на ударну в'язкість металу шва, значення ударної в'язкості повинно бути не нижче:

- за температури металу +20 °С – 0,8 МДж/м²;
- за температури металу – 20 °С – 0,4 МДж/м².

Гідравлічні випробування проводять тиском у 1,5 рази вищим за робочий тиск, у відповідності до вимог «Правил нагляду за котлами та повітряними резервуарам рухомого складу ЦТ–ЦВ–ЦЛ–ЦП–0500».

Перед гідравлічним випробуванням повітряних резервуарів їх необхідно прогріти парою або провести вилуговування та ретельно промити гарячою водою для видалення бруду і мастил. Час витримки повітряного резервуару під пробним тиском повинен бути не менш 10 хвилин.

Після витримки пробного тиску у повітряному резервуарі, повільно знизити тиск до робочого і провести огляд зовнішньої поверхні резервуару, усіх його роз'ємних частин та зварних з'єднань на предмет наявності:

- протікання з роз'ємних частин;
- помітних залишкових деформувань;

– падіння тиску на манометрі.

За наявності хоча б одного з вище перелічених дефектів резервуар вважають таким, що не пройшов гідравлічне випробування.

Дефекти підлягають усуненню, а після їх усунення повітряний резервуар підлягає додатковому гідравлічному випробуванню.

Результати гідравлічних випробувань фіксуються в книзі форми ТКУ – 6,7,8 і заносяться у відповідні акти.

На підставі проведених робіт, виконаних при виготовленні резервуару, остаточний висновок про працездатність знову виготовленого резервуару надає спеціалізована організація, яка має дозвіл Держтехнаглядохоронпраці.

2.4 Вибір та обґрунтування типу виробництва, режиму праці та фондів часу.

Дільниця, що проектується буде відноситись до крупносерійного типу виробництва, оскільки ним буде вироблятися тільки одне найменування виробу із річною програмою 30000 штук та масою 140 кг. Що згідно до нормативних даних відповідає крупносерійному виробництву[7].

На дільниці, що проектується буде встановлено двозмінний режим роботи з п'ятиденним робочим тижнем тривалістю 40 год., з двома вихідними днями, плановим річним фондом часу роботи обладнання $F_{ном}^{Об} = 4008$ год., і плановим річним фондом часу роботи робітника $F_{ном}^p = 2004$ год. [7]. Оскільки тризмінний режим у складально-зварювальних цехах дозволений у вигляді тимчасового винятку тільки для окремих видів обладнання, але не забезпечує при двозмінній роботі виконання заданої програми.

Ефективний фонд роботи обладнання за рік визначають за формулою:

$$F_{ef}^{Об} = F_{ном} \cdot (1 - Kn), \quad (2.3)$$

де K_n – коефіцієнт втрат часу на ремонт та обслуговування обладнання, приймають 3 – 10 % від номінального фонду.

Приймаємо $K_n = 8\%$.

$$F_{ef}^{Ob} = 4008 \cdot (1 - 0,08) = 3687 \text{ год.}$$

Ефективний фонд робіт робітника за рік визначають за формулою;

$$F_{ном}^{Ob} = F_{ном}^P \cdot (1 - K_n), \quad (2.4)$$

де K_n – коефіцієнт втрат часу на відпустки та планові невиходи по хворобі, приймають 3–12 % від номінального фонду.

Приймаємо $K_n = 12\%$.

$$F_{ef}^P = 2004 \cdot (1 - 0,12) = 1764 \text{ год.}$$

Отже, в цьому розділі проаналізовані конструкційно-технічні особливості зварних виробів. Дана характеристика зварного виробу та аналіз технологічності з використанням стандартних методик. Проведено перевірочний розрахунок виробу на міцність. Визначенні технічні умови для виготовлення виробу, вимоги до основних і допоміжних матеріалів, вимоги до виготовлення виробу, правила приймання та методи контролю якості. Обрано тип виробництва та обґрунтування вибору режиму праці та фондів часу.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ЗБИРАННЯ ТА ЗВАРЮВАННЯ ВИРОБУ

3.1 Аналіз технології збирання і зварювання виробу на базовому підприємстві

На базовому підприємстві складання і зварювання резервуару виконують за наступним технологічним процесом.

Проводять контроль якості основних та допоміжних матеріалів, перевіряють правильність виготовлення заготовок.

Заготовку обичайки складають на прихватках електродами Э42А. Марки УОНИИ 13/45, ГОСТ 99467–81, діаметром 4 мм. Контролюють якість прихваток. Тріснуті прихватки обробляють кутошліфувальною машинкою і повторно проварюють.

Встановлюють заготовку обичайки на роликовий стенд PRA – 1.000, прихвачують пластин контрольних зразків до країв обичайки. Проварюють внутрішній шов обичайки, початок і кінець шва виконують на контрольних пластинах. Зварювання виконують напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів зварювальним дротом Св – 08Г2С, діаметром 1,2 мм. По розмітці плазмового різання вирізають отвори під бобишки у днищах і обичайці. Контролюють якість зварювання. Зрізають контрольні пластини і відправляють їх на випробування. Прихватують підкладні кільця до днищ. Збирають днища з обичайкою на прихватках.

Встановлюють резервуар, зібраний на прихватках обертальний роликовий стенд PRA – 1.000. Зварюють зовнішній поздовжній шов резервуару, початок та кінець шва виводять на кромки днищ, не менш 8 мм від краю обичайки. Зварюють кільцеві шви з перекриттям початку шва від 12 мм до 20 мм встановлюють і проварюють бобишки до обичайки та днищ.

Зварювання виконують напівавтоматичним зварюванням в середовищі

захисних газів зварювальним дротом Св – 08Г2С, діаметром 1,2 мм.

Контролюють поверхню швів і навколо шовної зони на наявність дефектів. Зачищають зварні шви для проведення ультразвукової дефектоскопії. Зачищенню підлягає навколо шовна зона на відстані 60 мм від краю шва. Виконують ультразвукову дефектоскопію зварних швів. У випадку виявлення дефектів, дефектні місця вирізають та переварюють з подальшою повторною перевіркою ультразвуковою дефектоскопією.

Далі резервуар відправляють на гідравлічні випробування. Після гідравлічних випробувань, резервуар пройшовши випробування передається в другий цех для монтажу на електровоз.

До недоліків даного технологічного процесу відноситься те, що зварювання виконується напівавтоматичним зварюванням, отже рух зварювального пальника виконують вручну, що призводить до частих дефектів зварного шва. Зварювання поздовжнього внутрішнього шва обичайки виконується в незручному для зварювальника положенні через обмеженість простору. Вирізання отворів під бобишки та патрубки, а також складання днищ з обичайкою виконують вручну. Встановлення і зварювання бобишок виконують на зібраному виробі, що ускладнює встановлення.

Всі вище перелічені недоліки існуючого технологічного процесу призводять до погіршення якості складання та зварювання виробу, а також до збільшення часу на його складання, що призводить до збільшення його собівартості.

3.2 Альтернативний технологічний процес збирання та зварювання виробу та його аналіз

Виконують контроль якості основних та допоміжних матеріалів, перевіряють правильність виготовлення заготовок.

Заготовку обичайки збирають на прихватках за допомогою пристосування напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів. Довжина прихваток 50 – 80 мм, відстань між прихватками по довжині стику повинна бути не більше 500 мм, висота посилення не більше 3 мм.

Приварюють вивідні планки напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів.

Встановлюють зібрану обичайку на установку для зварювання поздовжніх швів обичайок. Виконують зварювання поздовжнього шва обичайки автоматичним зварюванням під шаром флюсу. Контролюють якість шва.

Шліфувальною машинкою зрізають вивідні планки і відправляють їх на випробування. На установці для вирізання отворів вирізають отвори в обичайці та днищах автоматичним плазмовим різанням. На установці для зварювання бобишок, приварюють бобишки до обичайки та до днищ. Зварювання виконують автоматичним зварюванням під шаром флюсу. Виконують контроль зварних з'єднань.

Прихоплюють підкладні кільця до днищ напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів. За допомогою пристосування збирають на прихватках днища з обичайкою витримуючи зазор між днищем та обичайкою 3 мм. Прихватки виконують напівавтоматичним зварюванням в середовищі захисних газів. Зібрану обичайку з днищами встановлюють на установку для зварювання кільцевих швів. Виконують зварювання днищ з обичайкою автоматичним зварюванням під шаром флюсу.

Виконують контроль поверхні швів та навколо шовної зони на наявність дефектів. Готовий резервуар передають на ультразвукову дефектоскопію та випробування.

У даному технологічному процесі було змінено послідовність складання та спосіб зварювання резервуару. А саме складання резервуару виконується з використанням пристосувань, що підвищує якість складання. Вирізання отворів виконується автоматичним плазмовим різанням, що покращує якість різу та виключає необхідність у розмітці під вирізання отворів. Приварювання бобишок

виконується перед складанням днищ із обичайкою на установці, що полегшує процес складання і зменшує час складання. Зварювання резервуару виконують автоматичним зварюванням під шаром флюсу, що зменшує витрати енергій та часу зварювання, а також підвищує якість зварного з'єднання. Все вище перелічене призводить до зменшення собівартості продукції.

3.3 Вибір засобів виконання збиральних та зварювальних робіт

При виконанні збиральних та зварювальних операцій можна застосовувати як універсальні, так і спеціалізовані пристосування.

Оскільки на ділянці буде виготовлятися тільки один вид виробу доцільніше застосувати більш прості у виготовленні, а отже і дешевші спеціалізовані пристосування.

Складання резервуару виконується на прихватках, для цих цілей можна використати ручне дугове зварювання, напівавтоматичне зварювання під флюсом і напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів.

Недоліками ручного дугового зварювання є мала продуктивність процесу, необхідність очищення шва від шлаку та залежність якості зварного шва від практичних навичок зварювальника.

Недоліками напівавтоматичного зварювання під флюсом є необхідність зварювання кратера після кожної прихватки, що збільшує час зварювання, для отримання якісних швів потрібні практичні навички зварювальника, неможливість спостереження за формуванням шва [8].

До недоліків напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів можна віднести лише те, що для отримання якісних швів потрібні практичні навички зварювальника.

Виходячи з вище переліченого можна зробити висновок, що для складання резервуару на прихватках використання напівавтоматичного зварювання в

середовищі захисних газів є найбільш доцільним.

Зварювання резервуару можна виконувати різними способами зварювання, але при крупносерійному виробництві найбільш економічно ефективним є застосування автоматичного зварювання під шаром флюсу. Перевагою цього способу зварювання є висока якість зварного шва, економія зварювальних матеріалів та електроенергії, покращенні умови праці зварювальника.

При зварюванні поздовжнього шва обичайки зварювання під флюсом можна виконувати на флюсовій подушці, на мідному повзуні та на флюсомідній підкладці.

Недоліком зварювання на флюсовій подушці є складність щільного підтискання флюсу під стик по всій довжині. В місцях його нещільного підтискання утворюються пропалення.

Недоліком зварювання на мідному повзуні є необхідність підтримання постійного за розміром зазору по всій довжині шва. Можливим є спосіб, коли мідна підкладка у вигляді ланок не з'єднана із зварювальним автоматом і переміщується з ним окремо приводу, але це дуже ускладнює конструкцію стану і процес зварювання.

Зварювання на флюсомідній підкладці менш чутливе до коливань режиму зварювання, якості складання та рівномірності підтискання зварюваних листів. Таким чином, маючи всі позитивні здібності флюсової подушки і мідної підкладки, флюсомідна підкладка у той же час не має їхніх недоліків [9]. Тому для зварювання поздовжнього шва обичайки обираємо зварювання на флюсомідній підкладці.

Зварювання кільцевих швів резервуару буде виконуватися на сталевій підкладці, що залишається, яка забезпечить центрування кромки та їхнє одностороннє зварювання. Інші способи автоматичного зварювання не можливі через конструктивні особливості самого резервуару.

3.4 Розрахунок режимів зварювання

Основними параметрами автоматичного зварювання під флюсом та напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів, є: сила зварювального струму $I_{зв}$, швидкість зварювання $V_{зв}$, швидкість подачі $V_{под}$, напруга дуги U_d .

Розрахунок режимів напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів і автоматичного зварювання під флюсом будемо виконувати на ЕОМ із застосуванням кафедральних програм CO2.exe та trp4_cad.

Вхідною величиною для розрахунку параметрів режиму зварювання є товщина стикового металу $s = 6$ мм.

Застосовуючи програму CO2.exe для розрахунку режимів напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів, отримані режими: сила зварювального струму $I_{зв} = 195$ А; напруга дуги $U_d = 24$ В; швидкість зварювання $V_{зв} = 20$ м/год; швидкість подачі $V_{под} = 297$ м/год; діаметр електродного дроту $d = 1,2$ мм, відповідає даним, що отримані практичним шляхом і наведені у довіднику [10].

Застосовуючи програму trp4_cad для розрахунку режимів автоматичного зварювання під флюсом на підкладці, що залишається, можливо розрахувати тільки режими автоматичного зварювання під флюсом на підкладці, що залишається. Отриманні режими зварювання: сила зварювального струму $I_{зв} = 441$ А; напруга дуги $U_d = 36$ В; швидкість зварювання $V_{зв} = 19$ м/год; швидкість подачі $V_{под} = 147,9$ м/год; діаметр електродного дроту $d = 2$ мм, відрізняються від режимів зварювання, отриманих практичним шляхом і наведених у довіднику [10]. Тому режими автоматичного зварювання під флюсом будемо обирати виходячи з довідкових даних.

В залежності від товщини елементів, що з'єднуються діаметр електродного дроту розраховують за формулою:

$$d_e = 0,4 + 0,6 \cdot S - 0,032 \cdot (S - 2)^2 + 0,0005 \cdot (S - 2)^3, \quad (3.1)$$

де d_e – діаметр електродного дроту, мм;

S – товщина, що зварюється, мм.

$$d_e = 0,4 + 0,6 \cdot 6 - 0,032 \cdot (6 - 2)^2 + 0,0005 \cdot (6 - 2)^3 = 3,488 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр округлюється до найближчого зі стандартного ряду діаметрів зварювального дроту $d_e = 4$ мм. Для зварювання може бути використаний змінний або постійний струм зворотної полярності, Але завдяки використанню постійного струму зворотної полярності можна отримати більш якісний шов.

Виходячи з цих даних, за довідником [10] обираємо режими зварювання для $d_e = 4$ мм постійного струму зворотної полярності. Усі дані заведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Режимы автоматичного зварювання під флюсом

Вид шва	Зазор, мм	Сила струму	Швидкість Зварювання $V_{зв}$, м/ГОД	Швидкість подачі $V_{под}$, м/ГОД	Напруга дуги U_d , В
Кільцевий	$3 \pm 1,5$	600 – 650	34	93	30 – 34
Стиковий	$1,5 \pm 1$	500 – 525	40	69	28 – 30
Кутовий не в човник	$0 \pm 1,5$	450 – 500	48	68	30 – 32

3.5 Вибір зварювальних матеріалів

3.5.1 Вибір зварювальних флюсів

Зварювальний флюс – один з найважливіших елементів, що визначає якість металу шва і умови протікання процесу зварювання. Від складу флюсу залежить склад рідкого шлаку і газової атмосфери.

Флюси для механізованого зварювання повинні забезпечити стійке протікання процесу зварювання, відсутність кристалізаційних тріщин та пор в металі шва, необхідні механічні властивості метала шва і зварного з'єднання в цілому, гарне формування шва, легке відокремлення шлакової кромки, мінімальне виділення токсичних газів при зварюванні, а також мати низьку вартість та можливість масового промислового виробництва.

Для зварювання масово використовують флюси АН–348–А та ОСЦ– 45. Хімічний склад перелічених флюсів, регламентований ГОСТ 9087–81, зазначений у таблиці 3.2 [11].

Таблиця 3.2 – Хімічний склад флюсів, ГОСТ 9087–81

Флюс	Вміст, %						
	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃ (не більше)
АН–348–А	41 – 44	34 – 38	до 6,5	5,0 – 7,5	до 4,5	4 – 5,5	2
ОСЦ–45	38 – 44	38 – 44	До 6,5	До 5	До 5	6,0 – 9	2

Як видно з табл. 3.2, флюс АН–348–А відрізняється від флюсу ОСЦ–45 меншим CaF₂. Великий вміст CaF₂ висококремністому марганцевому флюсі забезпечує підвищення стійкості шва проти утворення пор при наявності іржі в зоні зварювання. При зварюванні під флюсом ОСЦ–45 відбувається більш інтенсивне виділення в атмосферу дуги фторидних з'єднань, які попереджують утворення пор від водню. Однак у випадку використання цього флюсу стійкість

горіння дуги та гігієнічні умови праці гірші, ніж при використанні флюсу АН-348-А.

У зв'язку із вище переліченим, для зварювання ресиверу буде використано флюс АН-348-А.

3.5.2 Вибір захисних газів

При зварюванні низьковуглецевих сталей для захисту розплавленого електродного металу та металу зварювальної ванни широко використовують вуглекислий газ або суміш вуглекислого газу з киснем (18%) і аргоном (82%). Домішки кисню збільшують окиснювальну дію газового середовища на розплавлений метал, дозволяють зменшити концентрацію легувальних елементів в металі шва. Окрім цього, дещо зменшується розбризкування розплавленого металу, збільшуючи його рідкоплинність. Зв'язуючи водень, кисень зменшує його вплив на утворення пор.

Домішки вуглекислого газу в аргоні змінюють технологічні властивості дуги (глибину проплавлення і форму шва, стабільність дуги та інше), та дозволяють регулювати концентрацію легувальних елементів в металі шва.

Аргон і гелій в “чистому” вигляді в якості захисних газів знаходять обмежене застосування – тільки при зварюванні конструкцій відповідального призначення [12].

У зв'язку із вище переліченим, для напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів обираємо суміш вуглекислого газу з киснем (18%) і аргоном (82%).

3.5.3 Вибір зварювального дроту

При виборі електродного дроту для зварювання під флюсом будемо користуватися системою – марганцевий висококремнистий флюс в поєднанні з низьковуглецевим електродним дротом.

Оскільки для зварювання під флюсом було обрано флюс АН–348 А, то у поєднанні з ним підходить дріт Св–08, Св–08А, Св–80ГА. Літера у позначенні електродного дроту вказує на збільшену чистоту металу за вмістом сірки та фосфору, літера Г у позначенні електродного дроту вказує на вміст у ній марганцю менше 1%. Оскільки зварювальний дріт Св–08ГА використовують при зварюванні відповідальних конструкцій, а також іржавого металу, вартість цього дроту вища, ніж зварювального дроту Св–08А. Тому для автоматичного зварювання під флюсом обираємо зварювальний дріт Св–08А.

При зварюванні у середовищі захисних газів електродний дріт забезпечує необхідний склад металу шва тільки із збільшеним вмістом у ньому розкиснювачів. Для отримання якісних швів при зварюванні у захисних газах вуглецевих сталей застосовують дріт Св–08ГС або Св–08Г2С. Для виконання зварювання у захисних газах обираємо дріт Св08Г2С, оскільки збільшений вміст марганцю у цьому дроті порівняно із дротом Св–08ГС дозволяє отримати метал шва з механічними властивостями, рівними або перевищуючими властивості основного металу.

3.6 Вибір обладнання та його технічні характеристики

Для зварювання головних повітряних резервуарів під флюсом можна використати як зварювальні трактори, так і самохідні підвісні зварювальні автомати.

Зварювальні трактори переважно для зварювання резервуарів великих діаметрів. Це обумовлено конструктивними особливостями самого трактора. Щоб використати зварювальний трактор для зварювання резервуарів малого діаметра необхідно проектувати складні складально–зварювальні пристосування, що у свою чергу економічно не вигідно.

Підвісні самохідні апарати – це стаціонарні установки, їх застосування дозволяє зварювати ресивери невеликих діаметрів, використовуючи прості складально–зварювальні пристосування. Тому для зварювання ресиверу будемо використовувати підвісний самохідний зварювальний апарат.

Для обраних режимів і діаметра електродного дроту найбільше підходять зварювальні автомати марок АВСК, А1401, А1410, А1416, А1419, АБ–2.

Ці зварювальні апарати виконують зварювання на постійному струмі із незалежними від параметрів дуги швидкостями зварювання і подачу дроту, мають маршову швидкість, східчасту зміну швидкостей і подачі електродного дроту. Простота конструкції і керування надають автоматам високу надійність. Виходячи з технічних характеристик автоматів та їх вартості, для зварювання резервуарів обираємо самохідний зварювальний автомат типу А 1416.

При виготовленні повітряних резервуарів необхідно виконувати їх складання на прихватках. Для цього будемо виконувати зварювальний напівавтомат для зварювання в захисних газах діаметром дроту 1,2 мм.

Нинішній ринок зварювального обладнання представлений різними фірмам, які виробляють зварювальні напівавтомати для зварювання в середовищі захисних газів різних цінових категорій.

Деякі типи зварювальних напівавтоматів та їхні характеристики представлені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Типи зварювальних напівавтоматів

Тип	Напруга живлячої Мережі, В	Зварювальний струм, А	Діаметр дроту, мм.	Маса, кг	Ціна, грн..

Продовження таблиці 3.3

ПДС 252	380	40 – 250	0,8 – 1,2	60	6256
Варіо					
Синержик 300	380	30 – 320	0,8 – 1,2	140	17250
Sitoline	380	33 – 350	0,8 – 1,2	144	16600
ПС–254.1	380	50 – 250	0,8 – 1,2	150	6998
ВС 3500	380	40 – 300	0,8 – 1,2	90	10634

Із вище перелічених напівавтоматів обираємо напівавтомат ПДС 252, оскільки він дешевше решти, а також має меншу вагу, що полегшує його переміщення у процесі виконання зварювальних операцій.

Для вирізання отворів у днищах і обичайці використаємо переносну машину термічного різання з ЧПК “Steel Tailor”, яка комплектується плазмовою установкою Powermax 1000, Hypertherm. Технічні характеристики машин термічного різання представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики машин термічного різання

Товщина металу, мм	Швидкість різання, м/хв	Точність, м	Діапазон регулювання, струму, А	Розмір Монітора, дюйм	Програмне Забезпечення
0,6 – 19	До 6	не менш 0,5	20 – 60	5,7	Fastcam

Програмне забезпечення машин дозволяє вирізати отвори з більшою точністю, та виконувати нескладні пристосування. У порівнянні з установками, які вирізають отвори за копіром і мають ручне позиціонування.

3.7 Технічне нормування технологічних операцій та розрахунок трудомісткості робіт

Норма часу на виготовлення ресиверу складається з:

$$H_{\text{ч}} = T_{\text{шк1}} + T_{\text{шк2}} + T_{\text{шк3}} + T_{\text{шк4}} + T_{\text{шк5}} + T_{\text{шк6}} + T_{\text{шк7}} + T_{\text{шк8}} + T_{\text{шк9}}, \quad (3.2)$$

- де $T_{\text{шк1}}$ – штучний калькуляційний час на складання обичайки, год;
 $T_{\text{шк2}}$ – штучний калькуляційний час на приварення вивідних планок, год;
 $T_{\text{шк3}}$ – штучний калькуляційний час на зварювання обичайки, год;
 $T_{\text{шк4}}$ – штучний калькуляційний час на зрізання ввідних планок, год;
 $T_{\text{шк5}}$ – штучний калькуляційний час на вирізання отворів в обичайці та днищах, год;
 $T_{\text{шк6}}$ – штучний калькуляційний час на при варення бобишок, год;
 $T_{\text{шк7}}$ – штучний калькуляційний час на складання днища з підкладним кільцем, год;
 $T_{\text{шк8}}$ – штучний калькуляційний час на складання днищ з обичайкою, год.
 Штучний калькуляційний час на складання обичайки розраховують за формулою:

$$T_{\text{шк1}} = \left(T_{\text{шт.ск}} + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}} \right) + \left(T_{\text{шт.пр}} + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}} \right), \quad (3.3)$$

- де $T_{\text{шт.ск}}$ – штучний час на складання обичайки у пристосуванні, $T_{\text{шт.ск}} = 0,078$ год [13];
 T_{n13} – підготовчо–заключний час, $T_{n13} = 0,23$ год [14];
 N_{ϕ} – кількість ресиверів, що виготовляють за зміну, $N_{\phi} = 60$ шт;
 $T_{\text{шт.пр}}$ – штучний час на виконання прихваток, год;
 Штучний час прихваток розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.пр}} = (T_0 + T_d) \cdot K, \quad (3.4)$$

де T_0 – основний час на прихватки, год;

T_d – допоміжний час, що враховує зачищення біля шовної зони від бризок і наплавленого металу, зачищення кромки перед зварюванням від нальоту, іржі або окисної плівки, підтягнення дротів, відкушування і видалення залишків дроту, заміну касет, $T_d = 0,0093$ [14];

K – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок, особисті потреби, $K = 15\%$.

Основний час прихватки розраховують за формулою:

$$T_o = \frac{F \cdot L \cdot \gamma}{a_n \cdot I} n_1, \quad (3.5)$$

де F – площа поперечного перерізу шва, $F = 19,7 \text{ мм}^2$;

L – довжина шва, $L = 0,05 \text{ м}$;

γ – питома вага наплавленого металу, $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^2$;

a_n – коефіцієнт наплавки, $a_n = 14 \text{ г/ А год}$ [13];

I – величина струму, $I = 195 \text{ А}$;

n_1 – Кількість прихваток, $n_1 = 3 \text{ шт.}$

$$T_o = \frac{0,05 \cdot 19,7 \cdot 7,8}{14 \cdot 195} \cdot 0,0085 \text{ год};$$

$$T_{\text{шт.пр}} = (0,0085 + 0,0093) \cdot 1,15 = 0,0204 \text{ год};$$

$$T_{\text{шт.кл}} = (0,078 + \frac{0,23}{60}) + (0,0204 + \frac{0,23}{60}) = 0,106 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на приварення вивідних планок розраховують за формулою:

$$T_{шт.к2} = (T_{шт.зв} + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}}) + (T_{шт.ск} + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}}), \quad (3.6)$$

де $T_{шт.зв}$ – штучний час на зварювання вивідних планок;

T_{n13} – підготовчо–заклучний час, $T_{n13} = 0,23$ год [14];

N_{ϕ} – кількість резервуарів, що виготовляють за зміну, $N_{\phi} = 60$ шт;

$T_{шт.ск}$ –штучний час на встановлення вивідних планок, $T_{шт.ск} = 0,016$ год [13].

Штучний час на зварювання вивідних планок розраховують за формулою:

$$T_{шт.зв} = (T_0 + T_d) \cdot K, \quad (3.7)$$

де T_0 – основний час зварювання, год;

T_d – допоміжний час, що враховує зачищення біля шовної зони від бризок і наплавленого метал, зачищення кромки перед зварюванням від нальоту, іржі або окисної плівки, підтягнення дротів, огляд і промір шва, відкушування і видалення залишків дроту касет, $T_d = 00,41$ год. [14].

K – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок особисты потреби, $K = 15\%$.

Основний час зварювання розраховують за формулою [14]:

$$T_0 = \frac{F \cdot L \cdot \gamma}{a_n \cdot I}, \quad (3.8)$$

де F – площа поперечного перерізу шва, $F = 197$ мм²;

L – довжина шва, $L = 0,36$ м;

γ – густина наплавленого металу, $\gamma = 7,8$ г/см³;

a_n – коефіцієнт наплавлення, $a_n = 14$ г/А·год [13];

I – величина струму, $I = 195$ А.

$$T_0 = \frac{19,7 \cdot 0,36 \cdot 7,8}{14 \cdot 195} = 0,02 \text{ год};$$

$$T_{\text{шт.зв}} = (0,02 + 0,041) \cdot 1,15 = 0,07 \text{ год};$$

$$T_{\text{шт.к2}} = \left(0,07 + \frac{0,23}{60}\right) + \left(0,016 + \frac{0,23}{60}\right) = 0,0935 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на зварювання обичайки розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.к3}} = \left[(T_0 + T_d) \cdot K \right] + \frac{T_{n13}}{N_\phi}, \quad (3.9)$$

де T_0 – основний час зварювання, год;

T_d – допоміжний час, що враховує зачищення кромки перед зварюванням від нальоту, іржі або окисної плівки, огляд і промір шва, встановлення, зняття і переміщення виробу, закріплення на пристосуванні, клеймування шва, повернення автомата до початку шва, збір флюсу та його засипання в бункер, встановлення автомата на початку шва, увімкнення та вимкнення автомата, перевірка правильності налаштування головки $T_d = 0,247$ год [14];

K – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок особисті потреби. $K = 15\%$.

Основний час зварювання розраховують за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{V_{зв}}, \quad (3.10)$$

де L – довжина шва, $L = 1,52$ м;

$V_{зв}$ – швидкість зварювання, $V_{зв} = 40$ м/год.

$$T_0 = \frac{1,52}{40} = 0,038 \text{ год.};$$

$$T_{\text{шт.к3}} = [(0,038 + 0,247) \cdot 1,15] + \frac{0,23}{60} = 0,33 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на зрізання вивідних планок розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.к4}} = T_{\text{шт.зр}} + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}}, \quad (3.11)$$

де $T_{\text{шт.зр}}$ штучний час на різання планок кутошліфовальною машинкою, $T_{\text{шт.зр}} = 0,0362$ год.

$$T_{\text{шт.к4}} = 0,0362 + \frac{0,23}{60} = 0,04 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на вирізання отворів в обичайці та днищах розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.к5}} = \left(\frac{L}{V_{\text{різ}}} \cdot n_2 + T_{\text{д}} \right) \cdot K + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}}, \quad (3.12)$$

де L – довжина різку, $L = 0,17$ м;

$V_{\text{різ}}$ швидкість різання, $V_{\text{різ}} = 180$ м/год [16];

n_2 – кількість різань, $n_2 = 3$ шт.;

$T_{\text{д}}$ – допоміжний час, що враховує, перевірка правильності розташування головки, зачищення місць різання, закріплення виробу у пристосуванні, переміщення виробу, встановлення і зняття, увімкнення та вимкнення апарата, $T_{\text{д}} = 0,08$ год. [14];

K – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок особисті потреби, $K = 15\%$.

$$T_{\text{шт.к5}} = \left(\frac{0,17}{180} \cdot 3 + 0,08 \right) \cdot 1,15 + \frac{0,23}{60} = 0,12 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на приварку боби шок розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.к6}} = \left(\frac{L}{V_{\text{зв}}} \cdot n_3 + T_{\text{д}} \right) \cdot K + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}}, \quad (3.13)$$

де L – довжина шва, $L = 0,17$ м;

$V_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, $V_{\text{зв}} = 48$ м/год [16];

n_3 – кількість швів, $n_3 = 48$ м/год [16];

$T_{\text{д}}$ – допоміжний час, що враховує зачищення кромки перед зварюванням від нальоту, іржі або окисної плівки, огляд і промір шва, встановлення, зняття і переміщення виробу, закріплення на установці, клеймування шва, збір флюсу та його засипання в бункер, встановлення автомата на початку шва, увімкнення та вимкнення автомата, перевірка правильності розташування головки, $T_{\text{д}} = 0,255$ год. [15];

K – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок особисті потреби, $K = 15\%$.

$$T_{\text{шт.к6}} = \left(\frac{0,17}{48} \cdot 3 + 0,255 \right) \cdot 1,15 + \frac{0,23}{60} = 0,31 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на складання днища з підкладним кільцем розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.к7}} = \left(T_{\text{шт.ск}} + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}} \right) + \left(T_{\text{шт.пр}} + \frac{T_{n13}}{N_{\phi}} \right), \quad (3.14)$$

де $T_{\text{шт.ск}}$ – штучний час на складання днища з підкладним кільцем, $T_{\text{шт.ск}} = 0,292$ год.[13];

$T_{шт.пр}$ – штучний час на виконання прихваток, год.

Штучний час на виконання прихваток розраховують за формулою:

$$T_{шт.пр} = \left[\left(\frac{F \cdot L \cdot \gamma}{a_n \cdot I} + T_d \right) \cdot K \right] \cdot n_4, \quad (3.15)$$

де: F – площа поперечного перерізу шва, $a = 197 \text{ мм}^2$;

L – довжина шва, $L = 0,3 \text{ м}$;

γ – питома вага наплавленого металу, $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$;

a_n – коефіцієнт наплавлення, $a_n = 14 \text{ г/А год}$ [13];

I – величина струму, $I = 195 \text{ А}$;

T_d – допоміжний час, що враховує зачищення біля шовної зони від бризок і наплавленого металу, зачищення кромки перед зварюванням від нальоту, іржі або окисної плівки, огляд і промір шва, підтягнення дротів, відкушування і видалення залишків дроту, заміну касет, $T_d = 0,0464$ [14];

K – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок особисті потреби, $K = 15\%$.

n_4 – кількість днів, $n_4 = 2 \text{ шт.}$

$$T_{шт.пр} = \left[\left(\frac{19,7 \cdot 0,05 \cdot 7,8}{14 \cdot 195} + 0,012 \right) \cdot 1,15 \right] \cdot 6 = 0,131 \text{ год.}$$

$$T_{шт.к7} = \left(0,292 + \frac{0,23}{60} \right) + \left(0,131 + \frac{0,23}{60} \right) = 0,435 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на складання днів з обичайкою розраховують за формулою:

$$T_{шт.к8} = \left(T_{шт.ск} + \frac{T_{n13}}{N_\phi} \right) + \left(T_{шт.пр} + \frac{T_{n13}}{N_\phi} \right), \quad (3.16)$$

де $T_{\text{шт.ск}}$ – штучний час на складання днища з обичайкою,
 $T_{\text{шт.ск}} = 0,313$ год. [13];

$T_{\text{шт.пр}}$ – штучний час на виконання прихваток при складанні днищ з обичайкою, год.

Штучний час на виконання прихваток при складанні днищ з обичайкою розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.пр}} = \left[\left(\frac{F \cdot L \cdot \gamma}{a_n \cdot I} + T_d \right) \cdot K \right] \cdot n_5, \quad (3.17)$$

де F – площа перерізу шва, $F = 197$ мм²;

L – довжина шва, $L = 0,05$ м;

γ – питома вага наплавленого металу, $\gamma = 7,8$ г/см³;

a_n – коефіцієнт наплавлення, $a_n = 14$ г/А·год [13];

I – величина струму, $I = 195$ А;

T_d – допоміжний час, що враховує зачищення біля шовної зони від бризок і наплавленого металу, зачищення кромки перед зварюванням від нальоту, іржі або окисної плівки, огляд і промір шва, підтягнення дротів, відкушування і видалення залишків дроту, заміну касет, $T_d = 0,012$ год. [14];

K – коефіцієнт, що враховує обслуговування робочого місця, відпочинок особисті потреби, $K = 15\%$;

n_5 – кількість днищ, $n_5 = 6$ шт.

$$T_{\text{шт.пр}} = \left[\left(\frac{19,7 \cdot 0,05 \cdot 7,8}{14 \cdot 195} + 0,012 \right) \cdot 1,15 \right] \cdot 6 = 0,131 \text{ год.}$$

$$T_{\text{шт.к8}} = \left(0,043 + \frac{0,23}{60} \right) + \left(0,313 + \frac{0,23}{60} \right) = 0,36 \text{ год.}$$

Штучний калькуляційний час на зварювання днищ з обичайкою

розраховують за формулою:

$$T_{\text{шт.к9}} = \left(\frac{L}{V_{\text{зв}}} \cdot n_6 + T_{\text{д}} \right) \cdot K + \frac{T_{\text{н13}}}{N_{\phi}}, \quad (3.18)$$

де L – довжина шва, $L = 1,7$ м;

$V_{\text{зв}}$ – швидкість зварювання, $V_{\text{зв}} = 34$ м/год [16] ;

n_6 – кількість швів, $n_6 = 2$ шт. ;

$T_{\text{д}}$ – допоміжний час, що враховує зачищення кромки перед зварюванням від нальоту, іржі або окисної плівки, огляд і промір шва, встановлення, зняття і переміщення виробу, клеймування шва, і збір флюсу та його засипання в бункер, встановлення автомата на початку шва, увімкнення та вимкнення автомата, перевірка правильності розташування головки, $T_{\text{д}} = 0,324$ год. [15];

K – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування робочого місця, відпочинок особисті потреби, $K = 15\%$.

$$T_{\text{шт.к9}} = \left(\frac{1,7}{34} \cdot 2 + 0,324 \right) \cdot 1,15 + \frac{0,23}{60} = 0,491 \text{ год.}$$

$$H_{\text{ц}} = 0,106 + 0,0935 + 0,33 + 0,04 + 0,12 + 0,31 + 0,435 + 0,36 + 0,491 = 2,28 \text{ год.}$$

Середні значення коефіцієнта K і наведені значення трудомісткості робіт до ручного способу виконання представленні в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Середні значення коефіцієнта К і наведенні значення трудомісткості робіт до ручного способу виконання

Найменування робіт	Коефіцієнт наведення Трудомісткості до Не механізованого способу	Трудомісткість робіт, год	
		За нормативами	Наведена до ручного способу
Автоматичне зварювання під флюсом	3,5	0,98	3,43
Напівавтоматичне зварювання у захисних газах	2	0,264	0,528
Автоматичне плазмове різання	2	0,1	0,2
Складання на механізованих стендах	1,6	0,522	0,67
Складання вручну	1	0,522	0,522

$$C_M = \frac{4,828}{0,522 + 4,828} \cdot 100 = 90,2 \%$$

Рівень механізації складально-зварювальних робіт визначаємо за формулою [7]:

$$P_M = BT = \frac{\sum_i (kT_M - T_M)}{\sum_i (T_{HM} + kT_M)} \cdot 100\% = \frac{4,828 \cdot 1,76}{0,522 + 4,828} = 57,3 \% \quad (3.19)$$

Отже, в цьому розділі проаналізовано технології складання та зварювання виробу на базовому підприємстві та альтернативний технологічний процес складання та зварювання виробу. Обрано засоби виконання складальних та зварювальних робіт, розраховані режими зварювання. Обрано зварювальні матеріали (флюс, захисний газ та зварювальний дріт), а також обладнання і його характеристики. Проведене технологічне нормування технологічних операцій та розрахунок трудомісткості робіт.

4 ПРОЕКТУВАЛЬНО–КОНСТРУКТОРСКІ РОЗРОБКИ

4.1 Технічне завдання на проектування нестандартного обладнання та оснащення

Для виготовлення ресиверу 300 л, не обхідно спроектувати: а) пристосування для складання обичайки; б) установку для зварювання поздовжнього шва обичайки; в) установку для вирізання отворів; г) пристосування для складання днищ із обичайкою; е) установку для зварювання днищ з обичайкою.

Пристосування для складання обичайки призначене для складання обичайки резервуару під зварювання.

Пристосування повинно забезпечити автоматичне затискання обичайки із одночасним вирівнюванням кромки обичайки при зміщенні по діаметру, при зсуві, при недовальцюванні. Подача обичайки у пристосування повинна відбуватися за допомогою візка. Вантажопідйомність установки має бути не менше 100 кг.

Дані для проектування:

- зовнішній діаметр обичайки, мм – 552;
- товщина стінки обичайки, мм – 6;
- довжина обичайки, мм – 1120.

Установка для зварювання поздовжнього шва призначена для автоматичного зварювання під флюсом поздовжнього шва обичайки.

Зварювання повинно виконуватися одnobічним зовнішнім швом на флюсомідній підкладці самохідним зварювальним апаратом типу А 1416. Підтискання флюсомідної підкладки до обичайки повинно виконуватися за допомогою пневматичного приводу. Висота підйому головки апарата має бути не менше 1200 мм, вантажопідйомність установки має бути не менше 100 кг.

Дані для проектування:

- внутрішній діаметр обичайки, 540 мм;
- товщина стінки обичайки, 6 мм;
- довжина обичайки, 1120 мм;
- маса автомата А1416, 48 кг;
- сила зварювального струму, 525–550 А;
- швидкість зварювання, 40 м/год;
- напруга дуги, 28–30 В.

Установка для врізання отворів призначена для вирізання отворів у днищах і обичайці.

Установка повинна забезпечувати взаємне розташування днищ і обичайки у горизонтальній і перпендикулярній площинах відносно один одного і машини термічного різання. Допустиме зміщення по площині не повинно перевищувати 5 мм. Вирізання отворів буде виконуватися машиною термічного різання з ЧПК “Steel Tailor”.

Дані для проектування:

- зовнішній діаметр обичайки, мм – 552;
- товщина стінки обичайки, мм – 6;
- довжина обичайки, мм – 1120;
- зовнішній діаметр днища, мм – 552;
- висота днища, мм – 150.

Установка для приварювання бобишок призначена для автоматичного приварювання під флюсом бобишок до днищ і обичайки. Установка повинна відповідати технічним вимогам і ГОСТ 18130–79. Номінальна напруга в мережі живлення із частотою 50 Гц повинна бути 380 В. Висота підйому подачі $\pm 8\%$ від початково встановленого значення. Висота підйому головки від рівня підлоги повинна бути не менше 1600мм.

Дані для проектування:

- сила зварювального струму, А – 450–500;
- напруга дуги, В – 30–32;
- діаметр зварювального дроту, мм – 4;

- швидкість зварювання, м/год – 48;
- швидкість подачі дроту, м/год – 68;
- діаметр бобишок, мм – 55;
- висота бобишок, мм – 25;
- діаметр обичайки, мм – 552;
- діаметр днища, мм – 552;
- довжина обичайки, мм – 1120;
- товщина стінки днища і обичайки, мм – 6;
- внутрішній діаметр днища, мм – 500.

Пристосування для складання днищ з обичайкою призначено для складання і взаємного центрування днищ і обичайки під зварювання. Воно повинно забезпечувати автоматичне центрування одночасно двох днищ з обичайкою. Відхилення при центруванні днищ з обичайкою не повинно перевищувати ± 1 мм. Вантажопідйомність пристосування має бути не менше 400 кг.

Дані для проектування:

- зовнішній діаметр обичайки, мм – 552;
- зовнішній діаметр днища, мм – 552;
- довжина обичайки, мм – 1120;
- товщина днища і обичайки, мм – 6;
- висота днища, мм – 150;
- зазор між днищем і обичайкою під зварювання, мм – $3 \pm 1,5$.

Установка для зварювання днищ із обичайкою призначена для автоматичного зварювання під флюсом на підкладці кільцевого шва резервуару, що залишається.

Зварювання повинно виконуватися на роликовому обертачі самохідним зварювальним апаратом типу А 1416. Переміщення автомата від одного шва до другого повинно виконуватися по напрямних коліях. Висота підйому головки автомата над рівнем підлоги повинна бути не менше 1000 мм.

Вантажопідйомність установки повинна бути не менше 500 кг.

Дані для проектування:

- зовнішній діаметр резервуару, мм – 552
- довжина резервуару, мм – 1458;
- маса автомата А1416, кг – 48;
- сила зварювального струму, А – 600–650;
- швидкість зварювання, м/год – 34;
- напруга дуги, В – 30–34.

4.2 Опис устаткування та принципу дії обладнання

4.2.1 Устаткування і робота пристосування для збирання обичайки під зварювання

Пристосування призначене для складання обичайки головного повітряного резервуару під зварювання.

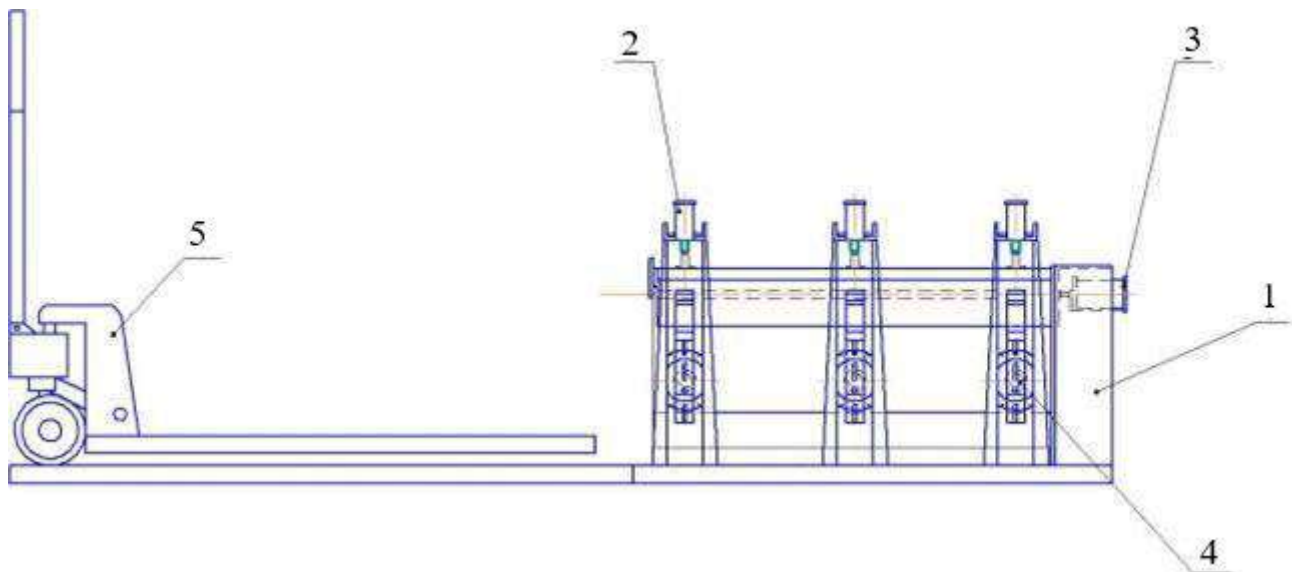
Воно являє собою зварну металеву конструкцію, виготовлену з сталі Ст3 з пневматичним притискачами для вирівнювання кромки обичайки (рис. 4.1) та гідравлічного візка для подачі заготовки в пристосування.

Пристосування складається з рами 1, трьох пневматичних притискачів верхніх 2, пневмопритискача 3, шести пневматичних притискачів бокових і гідравлічного візка 5.

Рама 1 слугує для розташування пневмопритискачів і обичайки. Пневмопритискачі 2 призначені для вирівнювання кромки обичайки при їх зміщенні по діаметру і складаються з пневмоциліндра та притискача. Пневмопритискач 3 призначений для вирівнювання кромки обичайки при недовальцюванні і складається з пневмоциліндра та притискача. Гідравлічний візок 5 призначений для подачі заготовки обичайки пристосування та її знімання з пристосування.

Попередньо обвальцьовану заготовку обичайки встановлюють на

гідравлічний візок 5, за допомогою гідравлічного візка заготовку обичайки піднімають на 10 мм і подають у просування до упору. Потім заготовку обичайки опускають на мідну підкладку консолі рами 1, вмикають пневмопритискач 3, відбувається вирівнювання кромки обичайки при зсуві, потім вимикають пневмопритискач 4, відбувається вирівнювання кромки обичайки при недовальцюванні, потім вмикають пневмопритискач 2, відбувається вирівнювання кромки при зміщенні по діаметру.



1 – рама; 2 – пневматичний притискач верхній; 3 – пневматичний притискач; 4 – пневматичний притискач боковий; 5 – гідравлічний візок

Рисунок 4.1 – Пристосування для складання обичайки під зварювання.

Не вмикаючи пневмопритискачі 2, 3, 4 виконують прихватки. Після виконання прихваток відмикають пневмопритискачі 2, 3, 4 і за допомогою гідравлічного візка 5 знімають з консолі рами 1 зібрану на прихватках обичайку.

4.2.2 Розрахунок діаметра поршнів пневмопритискачів

Діаметр поршня пневмопритискача, який дозволяє створити необхідне зусилля P , можна визначити зі співвідношення [17]:

$$D = \sqrt{\frac{P}{P_o \cdot 0,785}}, \quad (4.1)$$

де D – діаметр поршня пневмопритискача, мм;

P – необхідне зусилля для вирівнювання кромки обичайки, Н;

P_o – тиск повітря в мережі цеха, МПа.

Необхідне зусилля пневмопритискача для вирівнювання зміщення кромки по діаметру можна визначити із співвідношення [17]:

$$P = \frac{L \cdot E \cdot \Delta \cdot \delta^3}{1,5 \cdot \pi \cdot D^3}, \quad (4.2)$$

де L – довжина обичайки, мм;

E – модуль пружності, МПа;

Δ – зміщення кромки, мм;

δ – товщина обичайки, мм;

D – зовнішній діаметр обичайки, мм;

Максимально допустиме зміщення кромки, при якому обичайка вважається придатною до подальшого виготовлення становить 10 мм [17].

$$P = \frac{1120 \cdot 0,21 \cdot 10^6 \cdot 6^3}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 552^3} = 641,29 \text{ Н}$$

Діаметр поршня пневмоциліндру буде дорівнювати :

$$D = \sqrt{\frac{641,29}{0,5 \cdot 0,785}} = 40,42 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр поршня пневмоциліндру $D = 50$ мм.

Необхідне зусилля пневмопритискача для стягування обичайки при недовальцюванні можна визначити із співвідношення [17]:

$$P = \frac{L \cdot E \cdot \delta^3}{6 \cdot K \cdot D^2}, \quad (4.3)$$

де E – модуль пружності, МПа;

L – довжина обичайки, мм;

δ – товщина обичайки, мм;

K – коефіцієнт недовальцювання;

D – діаметр обичайки, мм.

Коефіцієнт недовальцювання визначають із співвідношення:

$$K = \frac{180}{\varphi}, \quad (4.4)$$

де φ – кут недовальцювання.

Максимально допустимий кут недовальцювання при якому обичайка вважається придатною до подальшого виготовлення становить 10 град. [17].

$$K = \frac{180}{10} = 18$$

$$P = \frac{1120^3 \cdot 6^3 \cdot 0,81 \cdot 10^5 \cdot 25}{2,84 \cdot 552^3 \cdot (1120^2 + 6^2)} = 154,4 \text{ Н}$$

Діаметр поршня пневмопритискача 4 буде дорівнювати:

$$D = \sqrt{\frac{154,4}{0,5 \cdot 0,785}} = 62,31 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр поршня пневмопритискача $D = 63 \text{ мм}$.

Необхідне зусилля пневмопритискача для вирівнювання кромки при зміщенні визначаємо із співвідношення [17]:

$$P = \frac{L^3 \cdot \delta^3 \cdot G \cdot \Delta_1}{2,84 \cdot D^3 \cdot (L^2 + \delta^2)}, \quad (4.5)$$

де L – довжина обичайки, мм;

δ – товщина обичайки, мм;

G – модуль пружності при зсуві, МПа;

Δ_1 – зсув кромки відносно один одного, мм;

D – діаметр обичайки, мм.

Максимально допустиме значення зсуву кромки відносно один одного складає $\Delta_1 = 25 \text{ мм}$ [17].

$$P = \frac{1120^3 \cdot 6^3 \cdot 0,81 \cdot 10^5 \cdot 25}{2,84 \cdot 552^3 \cdot (1120^2 + 6^2)} = 102,6 \text{ Н}$$

Діаметр поршня пневмопритискача 3 буде дорівнювати:

$$D = \sqrt{\frac{102,6}{0,5 \cdot 0,785}} = 50,78 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр поршня пневмопритискача $D = 63$ мм.

4.2.3 Улаштування і робота установки для зварювання поздовжнього шва обичайки

Установка призначена для зварювання поздовжнього шва обичайки резервуару на флюсомідній підкладці (рис. 4.2). Зварювання виконується зварювальним дротом діаметром 4 мм, з силою струму 525–550 А, швидкість зварювання 40м/год.

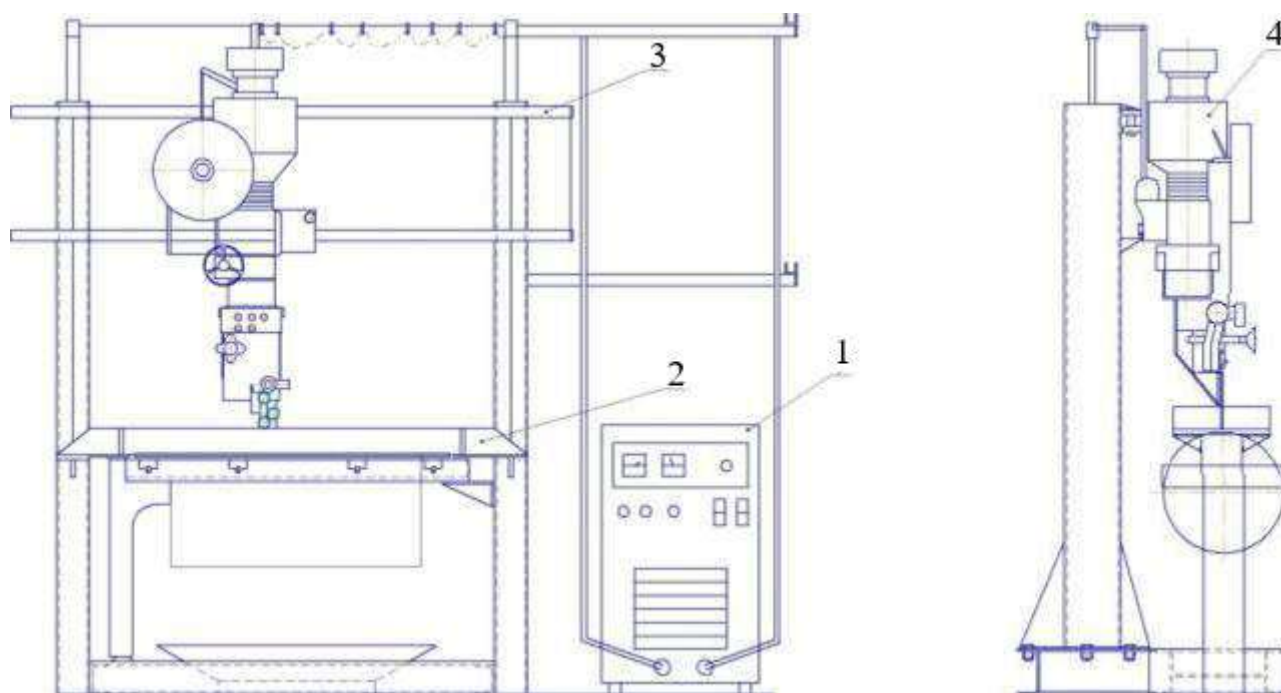
Вона являє собою зварну металеву конструкцію, виготовлену з сталі Ст3, яка складається з: джерела живлення 1, затискного пристосування для зварювання зовнішнього поздовжнього шва обичайки 2, колони з рейковим шляхом, зварювального автомата А 1416 4.

Колона з рейковим шляхом 3 призначена для пересування по ній зварювального автомата 3 при зварюванні обичайки. Затискне пристосування для зварювання зовнішнього поздовжнього шва обичайки 2 призначене для розташування в ньому складеної на прихватках обичайки при зварюванні під флюсом.

Повторна консоль повертається на 52 градуса, за допомогою крану-балки на неї встановлюється зібрана на прихватках обичайка, після чого повторна консоль повертається разом із обичайкою у вихідне положення. Повітря подається у притискуючий шланг, який піднімає притискач, розташований в поворотній консолі затискного пристосування для зварювання зовнішнього шва обичайки 2, із обичайкою і притискає її до верхньої балки.

Зварювальний автомат 4 встановлюють на початку зварювання обичайки на вивідних пластинах. Після чого вимикають зварювальний автомат 4 і виконують

зварювання обичайки. По закінченні зварювання автомат повертається у вихідне положення і вимикається. Припиняють подачу повітря у притискаючий шланг. Повертають поворотну консоль затискного пристосування для зварювання зовнішнього шва обичайок 2 і за допомогою крану–балки знімають зварену обичайку.



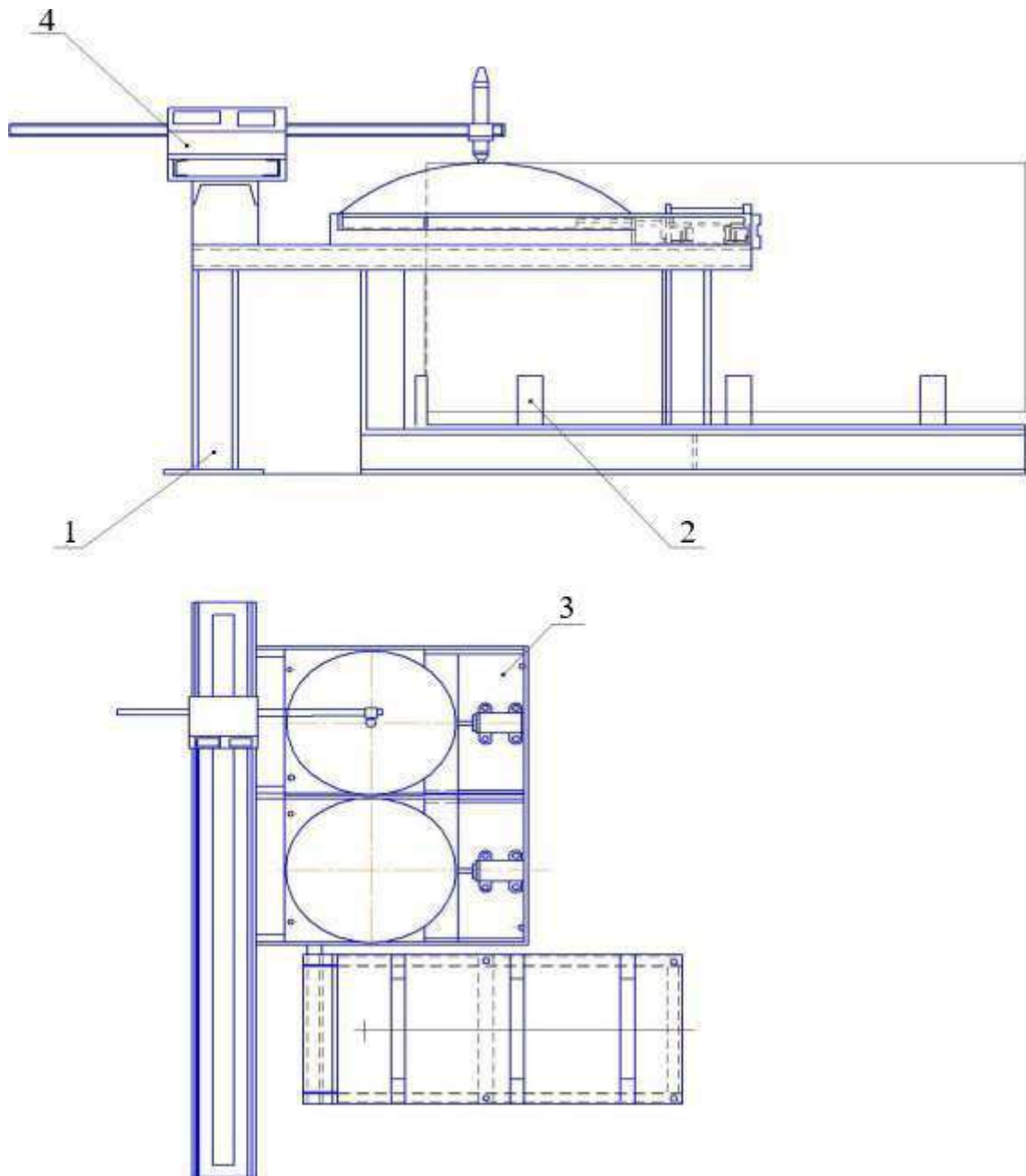
Умовні позначення:

1 – джерело живлення; 2 – пристосування для зварювання поздовжнього шва; 3 – колона з рейковим шляхом; 4 – зварювальний автомат.

Рисунок 4.2 – Установа для зварювання поздовжнього шва обичайки

4.2.4 Улаштування і робота установки для вирізання отворів

Установа призначена для одночасного вирізання отворів в еліптичних днищах і обичайці (рис. 4.3). Вирізання отворів виконується повітряно–плазмовим різанням, з силою струму 50 А і швидкістю 5 м/год, точність вирізаних отворів не нижче 0,5 мм.



1 – рама; 2 – кондуктор для вирізання отворів в обичайці; 3 – кондуктор для вирізання отворів у днищі; 4 – машина термічного різання

Рисунок 4.3 – Установа для вирізання отворів

Установа являє собою зварну металоконструкцію, виготовлену зі сталі Ст3, яка складається з: основи 1, кондуктора для вирізання отворів в обичайці 2, двох кондукторів для вирізання отворів у днищах 3 та переносної машини термічного різання з ЧПК «Steel Tailor» 4.

Основа 1 призначена для розташування на ній переносної машини термічного різання 4 та кондукторів для вирізання отворів в обичайці 2 та

днищах 3.

За допомогою крану-балки в кондуктор для вирізання отворів в обичайці 2, до упору встановлюється обичайка. Днища в кондуктори для вирізання отворів у днищах 3 встановлюють вручну та притискають за допомогою пневмопритискачів. В переносній машині термічного різання з ЧПК «Steel Tailor» 4 обирають програму для вирізання отворів в обичайці та днищах. Після вибору програми машина термічного різання з ЧПК «Steel Tailor» 4 автоматично вимикається і встановлює різак на початок різання. Починається вирізання отворів у днищі, вирізка отворів у днищі, після закінчення різання машина по напрямних автоматично переміщується до наступного днища та обичайки. Після закінчення вирізання усіх отворів машина термічного різання з ЧПК «Steel Tailor» 4 вимикає плазмовий різак і повертається у вихідне положення. Відпускають пневмопритискачі у кондукторах для вирізання отворів у днищах 3 і виймають днища. За допомогою крану-балки виймають обичайку з кондуктора для вирізання отворів в обичайці 2.

4.2.5 Улаштування і робота установки для приварки бобишок

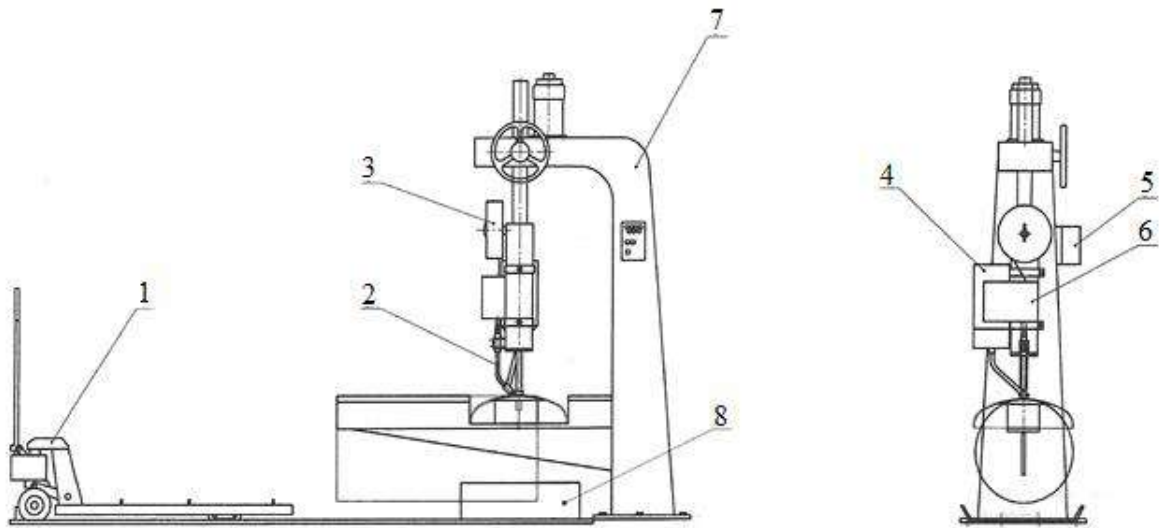
Установка призначена для приварювання під флюсом бобишок до днищ та обичайки (рис. 4.4).

На установці виконується приварювання бобишок діаметром 55 мм та висотою 25 мм, автоматичним зварюванням під флюсом, діаметром зварювального дроту 4 мм, силою зварювального струму 450–500 А та швидкістю зварювання 48 м/год.

Установка складається з: гідравлічного візка 1, пальника зварювального 2, касети зварювального дроту 3, подавального механізму 4, пульта керування 5, бункера для флюсу 6 з об'ємом 30 л, станина 7, корита для збирання флюсу 8.

За допомогою крану-балки обичайку встановлюють на гідравлічний візок 1

і подають на станину 7. У отвір встановлюють бобишку. Обертанням маховика опускають механізм притискання разом із зварювальним пальником 2, касетою для зварювального дроту 3, подавальним механізмом 4, бункером для флюсу 6 та притискають.



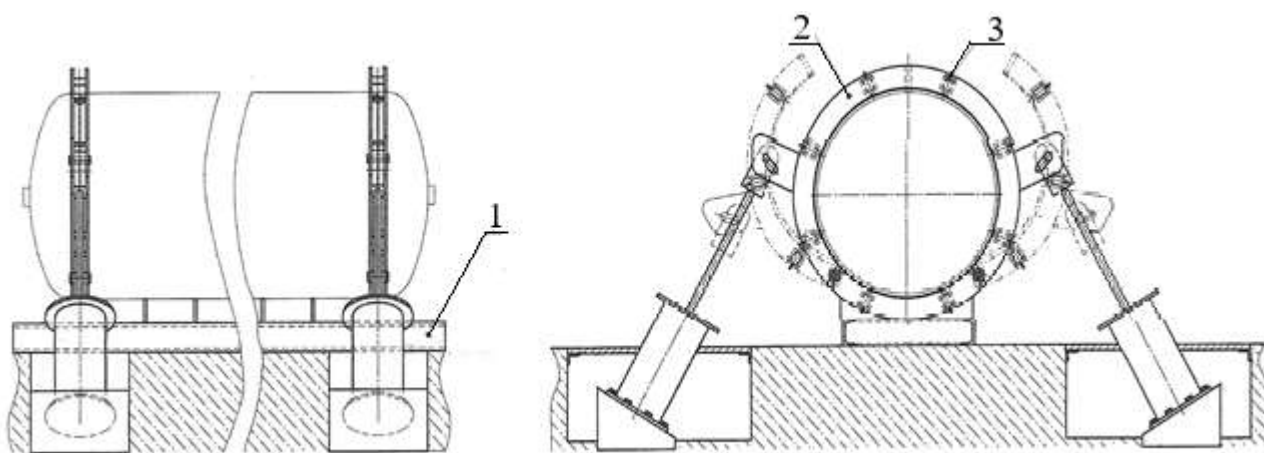
1 – гідравлічний візок; 2 – зварювальний пальник; 3 – касета для зварювального дроту; 4 – подавальний механізм; 5 – пульт керування; 6 – бункер для флюсу; 7 – станина; 8 – корито для флюсу.

Рисунок 4.4 – Установка для приварювання бобишок

Вмикають установку з пульта керування 5, виконується приварювання бобишки до обичайки. Після закінчення зварювання обертанням маховика піднімають механізм притискання разом із зварювальним пальником 2, касетою для зварювального дроту 3, подавальним механізмом 4, бункером для флюсу 6. За допомогою гідравлічного візка 1 знімають обичайку із привареною бобишкою із станини 7. Із станини 7 знімають вставку 10 і встановлюють вставку 9. Вручну на станину 7 встановлюють днище і повторюють вище перелічені дії.

4.2.6 Налаштування і робота пристосування для збирання обичайки з днищем

Пристосування призначене для збирання обичайки з днищем (рис. 4.5) Установка являє собою зварну металеву конструкцію виготовлену зі сталі Ст3, яка складається з: основи 1 із розташованими на ній двома центраторами 2, що розкриваються; обладнаними радіальними пневмоциліндрами 3.



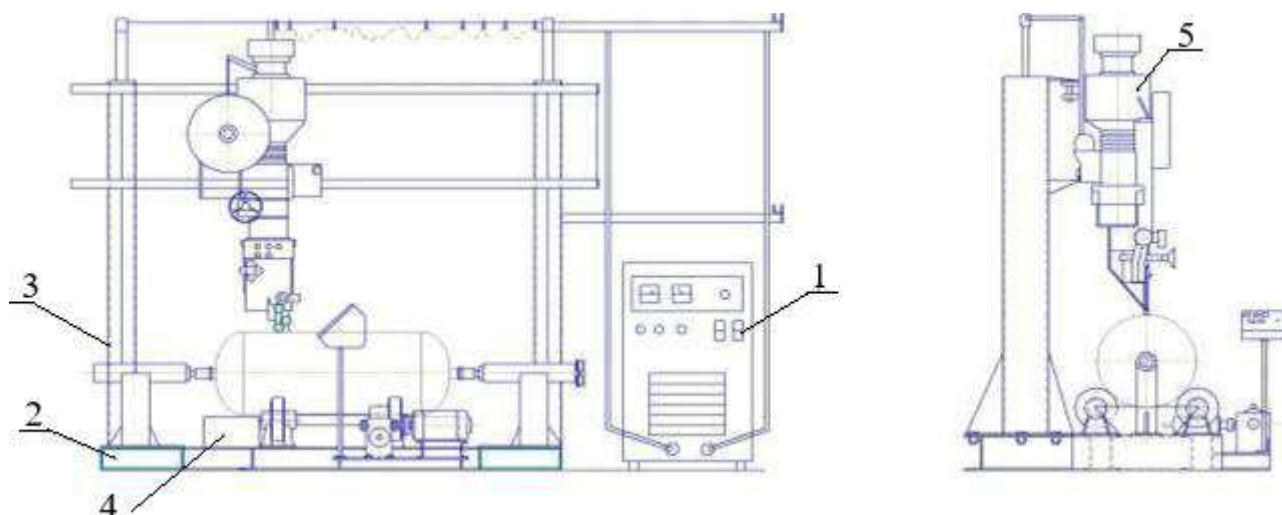
1 – Рама; 2 – центратор; 3 – радіальний пневмопритискач.

Рисунок 4.5 – пристосування для збирання обичайки з днищами

Обичайка за допомогою крану-балки встановлюється у розкриті центратори 2. За допомогою бокових пневмоциліндрів закривають центратори і автоматично виконується затискання в них обичайки. Днища у вертикальному положенні підводять до обичайки, розташованої в центраторах. Потім вмикають радіальні пневмоциліндри, які центрують днища відносно обичайки, і виконують прихватку. Розкривають центратори та за допомогою крану-балки виймають зібрану обичайку із днищами.

4.2.7 Налаштування і робота установки для зварювання обичайки з днищем

Установка призначена для зварювання обичайки з днищами автоматичним зварюванням під флюсом (рис. 4.6).



1. – джерело живлення; 2 – рама; 3 – колона з рейковим шляхом; 4 – коритило для збору флюсу; 5 – зварювальний автомат А 1416.

Рисунок 4.6 – Установки для зварювання обичайки з днищами

Установка розрахована для зварювання обичайки із днищами діаметром 552 мм, електродним дротом діаметром 4 мм, силою зварювального струму 600–650 А, та швидкістю зварювання 34 м/год. Конструкція установки являє собою зварну металоконструкцію, виготовлену зі сталі Ст3, яка складається з: роликоопору 1; колони з рейковим шляхом 2; двох корит для збору флюсу 3 та зварювального автомата А 1416 4.

Попередньо зібрану обичайку із еліптичними днищами за допомогою крану-балки укладають на роликоопору 1 і впирають торцем в передню бабку. Піднімають задню бабку. Орієнтують головку зварювального автомата 4 по центру стику. Кільцеві стикові з'єднання засипають шаром флюсу товщиною 25–30 мм, потім вмикають зварювальний автомат 4 і роликоопору 1 з пульта керування. Виконується зварювання. Після закінчення зварювання зварювальний автомат переміщують до іншого стикового з'єднання і виконують його

зварювання. Після закінчення зварювання зварений резервуар за допомогою крану-балки знімають з установки.

4.3 Розрахунок необхідної кількості обладнання, персоналу і оснащення

4.3.1 Розрахунок кількості обладнання і оснащення

Розрахунок кількості одиниць обладнання певного типу виконуємо за формулою [18]:

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot n_i}{F_{ef}^{об}}, \quad (4.6)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу однієї операції, год; n_i – річна норма одного виробу, шт.;

F_{ef} – ефективний фонд роботи обладнання за рік, год.

Коефіцієнт завантаження обладнання визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{C_p}{C_n}, \quad (4.7)$$

де C_p – розрахункова кількість обладнання;

C_n – прийнята кількість обладнання.

Кількість механізовано-ручних пневматичних машин ИП – 2014 необхідних для зрізання вивідних планок буде дорівнювати:

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,04}{3687} = 0,36 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 1$ шт.

Коефіцієнт завантаження обладнання дорівнює:

$$K_3 = \frac{0,36}{1} = 0,36$$

Кількість установок для складання обичайок буде дорівнювати :

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,106}{3687} = 0,86 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 1$ шт.

Коефіцієнт завантаження обладнання дорівнює:

$$K_3 = \frac{0,86}{1} = 0,86$$

Кількість установок для зварювання обичайок буде дорівнювати :

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,33}{3687} = 2,68 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 3$ шт.

Коефіцієнт завантаження буде дорівнювати :

$$K_3 = \frac{2,68}{3} = 0,89$$

Кількість установок для вирізання отворів буде дорівнювати:

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,1}{3687} = 0,81 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 1$ шт.

Коефіцієнт завантаження обладнання буде дорівнювати:

$$K_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81$$

Кількість установок для приварювання буде дорівнювати:

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,31}{3687} = 2,52 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 3$ шт.

Коефіцієнт завантаження буде дорівнювати:

$$K_3 = \frac{2,52}{3} = 0,84$$

Кількість установок для складання днищ з обичайкою буде дорівнювати:

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,36}{3687} = 2,92 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 3$ шт.

Коефіцієнт завантаження буде дорівнювати:

$$K_3 = \frac{2,92}{3} = 0,97$$

Кількість установок для зварювання днищ із обичайкою буде дорівнювати:

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,491}{3687} = 3,99 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 4$ шт

Коефіцієнт завантаження буде дорівнювати:

$$K_3 = \frac{3,99}{4} = 0,99$$

Кількість напівавтоматів буде дорівнювати:

$$C_{pi} = \frac{30000 \cdot 0,29}{3687} = 2,36 \text{ шт.}$$

Приймаємо $C_n = 3$ шт

Коефіцієнт завантаження обладнання буде дорівнювати:

$$K_3 = \frac{2,36}{3} = 0,78$$

4.3.2 Розрахунок кількості персоналу дільниці

Чисельність основних робітників на нормованих роботах складально-зварювальної дільниці по кожній професії визначають за формулою [18]:

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot n_i}{F_{ef}^{об} \cdot K_{BH}}, \quad (4.8)$$

де m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу однієї операції, год;

n_i – річно програма одного виробу, шт;

$F_{\text{эф}}$ – ефективний фонд роботи робітника за рік, год;

$K_{\text{вн}}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку, $K_{\text{вн}} = 1,05$.

Розрахунок кількості електрозварників на автоматичних та напівавтоматичних машинах 5р.

$$R_o = \frac{30000 \cdot 1,13}{1764 \cdot 1,05} = 18,3 \text{ чол.}$$

Приймаємо 20 чоловік.

Розрахунок кількості електрозварників на автоматичних та напівавтоматичних машинах 4р.

$$R_o = \frac{30000 \cdot 0,29}{1764 \cdot 1,05} = 4,7 \text{ чол.}$$

Приймаємо 6 чоловік.

Розрахунок кількості газозварників 4р.

$$R_o = \frac{30000 \cdot 0,1}{1764 \cdot 1,05} = 1,62 \text{ чол.}$$

Приймаємо 2 чоловік.

Розрахунок кількості слюсарів–складальників машин 4р.

$$R_o = \frac{30000 \cdot 0,758}{1764 \cdot 1,05} = 12,2 \text{ чол.}$$

Приймаємо 13 чоловік.

Чисельність допоміжних робітників визначається за нормами

обслуговування та робочих місць. Для дільниці необхідно: 2 наладчика, 4 кранівника, 2 контролери ВТК, 2 електрика, 2 ремонтника.

Визначення потреби у керівному персоналі та спеціалістах виконується на підставі структури керування: інженер–технолог – 2чол.; майстер – 2 чол.

Зведена відомість кількості робітників приведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведена відомість кількості робітників

Професія	Кількість Робітників, чол.	За розрядом			За зміною	
		3	4	5	I	II
Електрозварник на автомат. та напівавтомат.	26		6	20	13	13
Газорізальник	2		2		1	1
Слюсар– складальник	13		13		7	6
Наладчик	2		2		1	1
Кранівник	4	4			2	2
Контролер ВТК	2		2		1	1
Електрик	2		2		1	1
Ремонтник	2		2		1	1
Інженер–технолог	2				2	
Майстер	2				1	1
разом	57	4	29	20	30	27

4.4 Вибір і розрахунок транспортних засобів

Для обслуговування дільниці складання та зварювання резервуарів, виходячи з конструктивних особливостей складально-зварювальних пристосувань подача деталей у деякі пристосування буде виконуватися за допомогою кран-балок [19].

Розрахунок кількості кран-балок виконується за формулою:

$$N = \frac{N_{\text{оп}} \cdot T_{\text{кр}}}{T_{\text{зм}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{о}} \cdot 60}, \quad (4.9)$$

де $N_{\text{оп}}$ – кількість кранових операцій за зміну;

$T_{\text{кр}}$ – середній час на одну кранову операцію, хв.;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год.;

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт, який враховує простій крана, $K_{\text{п}} = 0,9$;

$K_{\text{о}}$ – коефіцієнт, який враховує скорочення часу циклу при суміщенні декількох операцій, $K_{\text{о}} = 1,1$.

Кількість кранових операцій у зміну визначають за формулою в залежності від числа одиниць вантажу, який переміщується на ділянці [19]:

$$N_{\text{оп}} = \frac{D \cdot N_k}{n \cdot m \cdot d}, \quad (4.10)$$

де N_k – середнє число кранових операцій за один раз (виріб, вузол і т. ін.)

n – число робочих днів у рік;

m – число робочих змін на добу;

D – кількість вантажників на річну програму, шт.;

d – середня кількість вантажів, що переміщується краном, за одну операцію, шт.

$$N_{\text{оп}} = \frac{30000 \cdot 7}{250,5 \cdot 2 \cdot 2} = 209,5$$

Середній час на одну кранову операцію визначають за формулою:

$$T_{\text{кр}} = \frac{L}{V} + t_n + t_p, \quad (4.11)$$

де L – середня довжина пробігу крана в обидва кінця за одну операцію, м;
 V – середня швидкість пересування крану, м/хв.;
 t_n, t_p – середній час на одну кранову операцію навантаження і розвантаження відповідно, хв.

$$T_{кр} = \frac{29}{20} + 1,5 + 1,5 = 4,45 \text{ хв.}$$

$$N = \frac{209,5 \cdot 4,45}{8 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 60} = 1,9 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість кранів на ділянці рівним 2 од.

4.5 Розрахунок і план ділянки

Розташування цеху, всіх його виробничих відділень і ділянок, а також допоміжних, адміністративно-конторських та побутових приміщень повинно повністю задовольняти всім вимогам процесів, що підлягають виконанню у кожному з цих відділень.

Ділянка зварювання резервуарів буде розташовуватися в прольоті, ширина якого визначається шляхом підрахунку суми розмірів ширини робочих місць, проходів і проїздів між ними [7].

Так як на ділянці буде розташовуватися одна лінія обладнання по ширині прольоту буде визначатися:

$$B_{пр} = 2b_1 + 2b_{об} + b_{п} + 2b_{прох}, \quad (4.12)$$

де $B_{пр}$ – ширина прольоту, м;

b_1 – відстань від тильної сторони робочого місця до осі поздовжнього ряду колон, що становить 1 м;

$b_{об}$ – найбільша ширина обладнання із джерелом живлення, $b_{об} = 4,3$ м; $b_{п}$ – ширина проїзду, $b_{п} = 3$ м;

$b_{прох}$ – ширина проходів з кожної сторони обладнання, $b_{прох} = 1$ м.

$$B_{пр} = 2 \cdot 1 + 2 \cdot 4,3 + 3 + 2 \cdot 1 = 15,6 \text{ м}$$

Приймаємо стандартну ширину прольоту рівною 18 м. Величина кроку колони дорівнює 12 м. Довжина ділянки визначається при розстановці обладнання.

Оскільки на ділянці для переміщення вантажів буде використовуватись кран-балка висота прольотів буде визначатися:

$$H_{п} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7, \quad (4.13)$$

де h_1 – найбільша висота обладнання, м;

h_2 – відстань від рівня поверхні головки рейки до найбільш низької точки підйомного гаку у його найбільш високому положенні, $h_2 = 0,75$ м;

h_3 – відстань між найбільш низької точки підйомного крану і найбільш високою точкою вантажу, що транспортують, $h_3 = 1,3$ м;

h_4 – найбільша висота вантажів, що транспортуються у даному прольоті, $h_4 = 0,55$ м;

h_5 – відстань між найбільш низької точки піднятих вантажів і найвищою точкою обладнання, що встановлене у тому ж прольоті, $h_5 = 1$ м;

h_6 – відстань від рівня поверхні головки рейки підкранового шляху до вищої точки обладнання візка, $h_6 = 0,2$ м;

h_7 – відстань між вищою точкою крану і нижньої зтяжки кроків перекриття, $h_7 = 1,2$ м.

$$H_{\text{п}} = 3 + 0,75 + 1,3 + 0,55 + 1 + 0,2 + 1,2 = 8 \text{ м}$$

Розставляємо обладнання за схемою виробничого потоку. Довжина ділянки складе 36 м.

Схема розташування обладнання і напрямок виробничого потоку вказані на рисунок 4.7

Загальна площа ділянки складає 648 м².

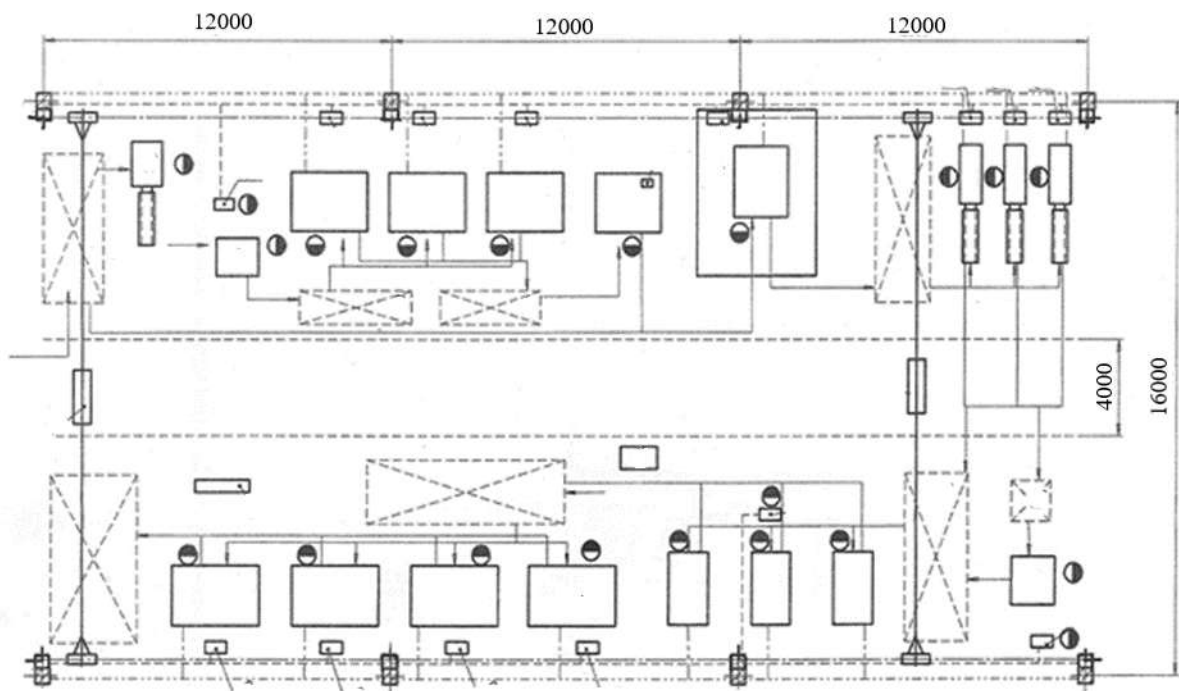


Рисунок 4.7 – Схема розташування обладнання

Таким чином, в цьому розділі виконане технічне завдання на проектування нестандартного обладнання та оснащення з описанням улаштування та принципу дії обладнання та пристосувань. Розрахований діаметр поршнів пневмопритискачів. Також розраховані необхідна кількість обладнання і оснащення, кількість персоналу та план ділянки. Обрані та розраховані транспортні засоби.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання переддипломної практики була проведена робота із вдосконалення технологічного процесу, порівняно із базовим варіантом.

Виконано розрахунки і підбір зварювальних матеріалів, режимів зварювання та обладнання, що дає можливість організувати технологічний процес складання та зварювання резервуару, на високотехнологічному рівні відповідно до вимог, які висуваються до якості даної конструкції та її експлуатаційним характеристикам.

Проведено розрахунки та обрано оптимальні параметри режимів зварювання, для отримання якісних зварних з'єднань, які володіють більш високою технологічною міцністю зварних швів, порівняно з базовим варіантом. Впровадження механізації складально-зварювальних робіт, шляхом застосування спеціалізованих складально-зварювальних пристосувань та автоматичного зварювання під флюсом, значно знизило трудомісткість, а отже і собівартість продукції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Використання категоризації напружень і деформаційних критеріїв при оцінці міцності магістральних трубопроводів / І.В. Ориняк, М.В. Бородій, А.В. Богдан // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. — 2007. — № 4. — С. 6-15. — Бібліогр.: 18 назв. — укр.
2. ДСТУ 4003-2000. Посудини та апарати. Вибір параметрів зміцнювального. — Введ. 2000.01.07. — АТ "УКРНДІХІММАШ, 2000. — 39 с.
3. ДСТУ EN ISO 14341:2014 Матеріали зварювальні. Електродні дроти та наплавлений метал у захисному газі плавким електродом нелегованих і дрібнозернистих сталей. — Введ. 2016.01.01. Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2014. — 18 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-199:2014 Конструкції сталеві будівельні. Вимоги до виготовлення. — Введ. 2015.01.07. — УкрНДІпроектстальконструкція, 2014. — 63 с.
5. Палаш, В. М. Металознавчі аспекти зварності залізовуглецевих сплавів: навч. посіб. / В. М. Палаш. — Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. — 236 с.
6. О. В. Карпович .Технологічні умови отримання бездефектних зварних товстостінних з'єднань зі сплаву ВТ22 електронно-променевим зварюванням. Вісник Дніпропетровського університету. Серія “Ракетно-космічна техніка”. 2017. Вип. 20.
7. Дикань В.Л., Маслова В.О. Організація виробництва: Підручник. — Харків: УкрДАЗТ, 2013. — 422 с
8. Биковський О. Г. Довідник зварника / О. Г. Биковський, І. В. Пінковський. — К.: Техніка, 2002. — 336 с.
9. Костін О.М. Зварювальні матеріали: Навч. посібник. — Миколаїв: НУК, 2004. —225 с.
10. Гуменюк І.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник/ І. В. Гуменюк, О. В. Іваськів, О. В. Гуменюк. - К.: Грамота, 2006. - 512 с.: - Бібліогр.: 499 с.: іл.

11. ДСТУ EN ISO 14174:2015 Зварювальні матеріали. Флюси для дугового зварювання під флюсом.
12. Афтанділянц Є.Г., Зазимко О. В., Лопатько К.Г. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Частина 1. Металургія. Видавничий центр НАУ, 2005 р.-с. 115.
13. Пащенко Г.И. Плазменная резка металлов и сплавов. / Г.И. Пащенко; - К.: Экотехнология. 2003. – 63 с.
14. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисциплін "Ремонт транспортних засобів", "Ремонт технічних засобів електричного транспорту". Частина II. Укл. Коваленко А.В., Голтв'янський М.А. – Х: ХНАМГ, 2009. – 70 с.
15. Методичні вказівки по економічному обґрунтуванню дипломних проектів для студентів спеціальності «Устаткування та технологія зварювального виробництва». / Леженко Е.О. – Запоріжжя.: ЗНТУ 2005. – 19 с.
16. Биковський О. Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с. іл., фот.
17. Богатюк Н. Я. Розроблення технологічного процесу виготовлення стінки котла КВ-ГМ-100: кваліфікаційна робота бакалавра спеціальності 131 "Прикладна механіка"/ наук. керівник М. І. Підгурський. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 70 с.
18. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Планування і контроль на підприємстві» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» спеціальності 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність» денної та заочної форм навчання (у т.ч. інтегрованої форми навчання) [Електронне видання] / Красовська Ю. В. – Рівне : НУВГП, 2020. – 34 с.
19. Методичні вказівки до виконання практичних і розрахунково-графічних завдань з навчальної дисципліни «Організація виробництва» (для студентів усіх форм навчання напряму підготовки 6.030504 – Економіка підприємства та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю 7.03050401 – Економіка

підприємства (за видами економічної діяльності) / Новікова М. М., Боровик М. В. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 71 с.

20. ДСТУ 2651:2005(380-205). Сталь вуглецева звичайної якості. – Введ. 2008.01.01. – К.: Видавництво стандартів. 2005. – 20 с.

21. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ЦП-0050. Правила нагляду за котлами і повітряними резервуарами рухомого складу залізниць. / – Дніпропетровськ: ДПТ 2002. – 38 с.

22. Міжгалузеві норми часу на слюсарно-складальні роботи при складанні металоконструкцій під зварювання. / – Краматорськ, Міністерство праці України Національний центр продуктивності. 2002. – 136 с.

Форм. Зан. Па.	Позначення	Найменування	Кі	Примітка
		Документація		
A1	НУЗП. 441723. 006 СК	Складальний креслений		
		Складальні одиниці		
	1	Джерело живлення	1	
	2	Зварювальний автомат А 1416	1	
	3	Рама	1	
	4	Колона з райковим шляхом	2	
	5	Кориття для збору флюсу	2	

Перв. застосує.	Справ. №	Підп. і дата	Інв. № дубл.	Зам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ориг.																									
<p>НУЗП. 441723. 006</p> <table border="1"> <tr> <td>Зм. Арк.</td> <td>№ докум.</td> <td>Підп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разроб.</td> <td>Фертюк</td> <td><i>[Signature]</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td>Міщенко</td> <td><i>[Signature]</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Нконтр.</td> <td>Корнієнко</td> <td><i>[Signature]</i></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Затв.</td> <td>Капучтян</td> <td><i>[Signature]</i></td> <td>15.12.23</td> </tr> </table> <p>Установка для зварювання небичайки з днищами</p> <table border="1"> <tr> <td>Лит</td> <td>Аркциш</td> <td>Аркцишів</td> </tr> <tr> <td>В.И.М.</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table> <p>НУЗП ІТЗ та МК Група 10-312М</p>						Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Разроб.	Фертюк	<i>[Signature]</i>		Перев.	Міщенко	<i>[Signature]</i>		Нконтр.	Корнієнко	<i>[Signature]</i>		Затв.	Капучтян	<i>[Signature]</i>	15.12.23	Лит	Аркциш	Аркцишів	В.И.М.		1
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																												
Разроб.	Фертюк	<i>[Signature]</i>																													
Перев.	Міщенко	<i>[Signature]</i>																													
Нконтр.	Корнієнко	<i>[Signature]</i>																													
Затв.	Капучтян	<i>[Signature]</i>	15.12.23																												
Лит	Аркциш	Аркцишів																													
В.И.М.		1																													

Форм.	Зам.	Поз.	Позначення	Найменування	Кі	Примітка
				Документація		
A1			НУЗП. 441723. 004СК	Експлоатальний креслення		
				Експлоатальні одиниці		
		2		Зварювальний мунштук	1	
		3		Касета	1	
		4		Подавальний механізм	1	
		5		Пульт керування	1	
		6		Бункер	1	
		7		Станіна	1	
		8		Редуктор управління параметрів зварювання	1	
		9		Корито	1	
		10		Центратор	1	

Підп. і дата

Інв. № докл.

Зам. інв. №

Підп. і дата

НУЗП. 441723. 004			
Зм.	Арк.	№ док.	Підп.
Разроб.		Фертинок	
Перев.		Міщенко	
Нконтр.		Карнієнко	
Затв.		Калустьян	
Установка для приварювання бобишок		Лист 15 12-23	Дата
Лит	Аркцш	АркцшВ	
В П М		1	
НУЗПТЗ та МК Група ІФ-312М			

