

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(освітній рівень)

на тему: **Удосконалення технологічного процесу виготовлення  
повітряного ресивера В-3,2**

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи МЗс

Спеціальності “Прикладна механіка” 131

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

**Іванюк О.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

**Лазарюк В.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

**Ткаченко І.Г.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2021

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

### ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТ  
доц., кт.н. Окіпний І.Б.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 "Прикладна механіка"  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Іванюку Олександровичу Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення повітряного ресивера В-3,2

Керівник проекту (роботи) Лазарюк Валерій Володимирович, доцент, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «22» січня 2021 року № 4/7-37

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 16 червня 2021 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення виробу; технічні умови на виготовлення; річна програма випуску; базовий технологічний процес виготовлення виробу

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
Вступ. Аналітична частина. Технологічна частина. Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності та охорона праці. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Повітряний ресивер В-3,2. Пристрій для обрізки кромки обичайки та денець. Роликовий стенд. Пристрій для зварювання кільцевих швів. Режими зварювання. Розрахунок гнатоного візка.

## 6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Іванюк О.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Лазарюк В.В.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра на тему: «Удосконалення технологічного процесу виготовлення повітряного ресивера В-3,2» складається із чотирьох частин розрахункової пояснювальної записки (ПЗ) об'ємом 52 аркушів формату А4 та графічної частини об'ємом 6 аркушів формату А1. ПЗ складається із таких розділів, як аналітичний, технологічний, конструкторський, а також безпеки життєдіяльності та охорони праці. Мета даної кваліфікаційної роботи бакалавра – підвищення якості складання, зварювання та продуктивності виготовлення корпусу повітряного ресивера

Для опису питань, які розглядаються в даному дипломному проекті, ПЗ містить 18 рисунків, 13 таблиць. При написанні ПЗ використано 24 літературних джерела.

У даній кваліфікаційній роботі удосконалено технологію складання та зварювання корпусу повітряного ресивера. Запропоновано технологію складання корпусу ресивера, вирівнювання та обрізки кромок обичайки та денець, механізоване зварювання поздовжніх та кільцевих швів корпусу ресивера, розраховано режим зварювання та геометричні параметри зварних швів; підібрано раціональне обладнання та пристосування; розраховано глагольний візок; розроблено заходи з охорони праці.

Ключові слова: ПОВІТРЯНИЙ РЕСИВЕР, МЕХАНІЗОВАНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ОБИЧАЙКА, СКЛАДАННЯ, ВИРІВНЮВАННЯ КРОМОК, ОХОРОНА ПРАЦІ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 Аналітична частина	7
1.1 Загальна характеристика повітряного ресивера	8
1.2 Технічні умови на виготовлення посудин під тиском	8
1.3 Характеристика основного металу	9
1.4 Методи збирання та зварювання циліндричних посудин	10
1.5 Способи зварювання та зварювальні матеріали, які застосовуються при виготовленні повітряного ресивера	14
1.6 Аналіз існуючої технології зварювання повітряного ресивера	15
2 Технологічна частина	18
2.1 Обґрунтування вибору способу зварювання	18
2.2 Розрахунок режимів зварювання	19
2.3 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів	25
2.4 Вибір устаткування для складання повітряного ресивера	27
2.5 Вибір устаткування для обрізки кромки обичайок і донець	30
2.6 Вибір зварювального устаткування	33
2.7 Висновки	36
3. Конструкторська частина	38
3.1 Розрахунок гнзгольного візка	38
3.2 Висновки	41
4. Безпека життєдіяльності та охорона праці	42
4.1 Оцінка шкідливих факторів, які діють в проектуваному цеху. Заходи для зменшення їх впливу	42
4.2 Розрахунок захисного заземлення	43
4.3 Електробезпека на виробництві	46
Загальні висновки кваліфікаційної роботи	49
Перелік літератури	50

## ВСТУП

Виготовлення економічних та якісних зварних конструкцій, що працюють під тиском, вимагає комплексного підходу до розроблення технологічного процесу. Конструкція виробу та технологічні аспекти виробництва повинні вирішуватися комплексно. Конструкція вважається технологічною, якщо забезпечує саме просте, швидке та економічне її виготовлення, за умови дотримання необхідних міцнісних та експлуатаційних характеристик.

Посудини, що працюють під тиском, з монолітною стінкою володіють високою надійністю при значних циклічних навантаженнях по тиску та температурі. Проте до їх недоліків відносять високу металоємність, складність зварювання та термообробки, можливість крихкого руйнування через швидке проникнення тріщини через усю товщину стінки [1-2]. В даному проекті розв'язується технічне протиріччя підвищення якості зварних з'єднань при автоматизованому процесі зварювання за умови дотримання високої продуктивності та достатніх міцнісних характеристиках зварного шва та навколошовної ділянки.

Застосування механізованого зварювання в захисних газах для виготовлення виробів типу ресивер дозволяє значно підвищити якість та ефективність виробництва. Застосування сумішей захисних газів на основі вуглекисного газу дозволяє покращити формування зварного шва, зменшити пористість, розбризкування металу та імовірність виникнення крихкого руйнування [3]. В даному дипломному проекті розроблена технологія складання та зварювання корпусу повітряного ресивера типу В-3,2, обґрунтований вибір способів зварювання, зварюваних матеріалів, устаткування та пристосувань для здійснення складання та зварювання конструкції. Значна увага приділена розробленню послідовності технологічного процесу складання та проведення зварювальних робіт, розрахунку параметрів режиму зварювання, вибору методів зменшення шкідливості зварювання на здоров'я робітників.

Підтвердженням наведених даних та розрахунків є креслення, які виконані з урахуванням даних, розроблених у даному проекті.

## 1. Аналітична частина

### 1.1 Загальна характеристика повітряного ресивера

Повітряний ресивер призначений для формування об'єму стиснутого повітря і згладжування його пульсації під час подачі від компресора до пневматичних пристроїв, а також для охолодження повітряної маси та збирання конденсату і масляних речовин. Ресивер складається з обичайки, одного та другого денця, сполучних фланців та відстійника. При зменшенні сильної пульсації подачі повітря усувається надлишкова пульсація, забезпечується рівномірний режим роботи компресора, зменшується число його переходів до режиму холостого ходу, економиться електроенергія [4]. При цьому пневматичне обладнання може спокійно працювати на даному запасі повітря деякий час, забезпечуючи безперебійність роботи основного обладнання. Загальний вигляд повітряного ресивера представлений на рисунку 1.1.

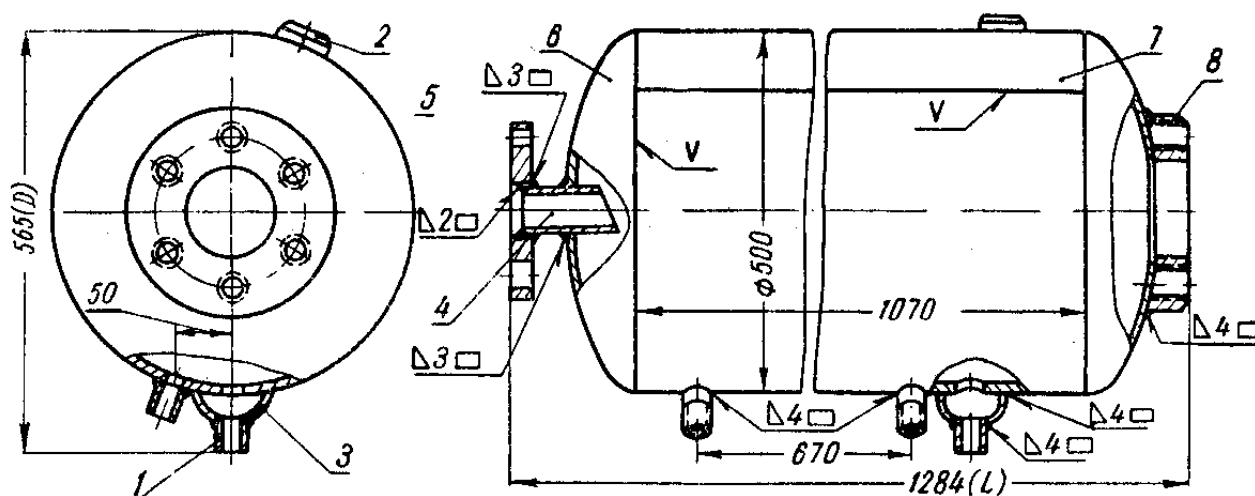


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд повітряного ресивера

Повітряний ресивер складається з двох донець і обичайки, які з'єднані зварними швами. З обох боків приварені сполучні фланці для входу і виходу стиснутого повітря. У нижній частині розташовані штуцера і відстійник для збору конденсату. Ресивер виготовляється зі сталі 20К, його фланці зі сталі 25К. Ресивер розрахований на тиск до 6 атм.

## 1.2 Технічні умови на виготовлення посудин під тиском

Розрахунок, проектування та виготовлення повітрозбірника повинні вестися у відповідності до Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском (затверджено наказом Мінсоцполітики від 05.03.2018 №333; НПАОП 0.00-1.81-18) та Технічними регламентами безпеки обладнання, що працює під тиском (затверджено постановою КМУ від 19.01.2011 р. N 35). Вимоги до матеріалів включають характеристики текучості, відносної деформації при розтягу, межі міцності на розтяг; межі повзучості; витривалості матеріалу, модуля пружності; величини пластичної деформації; ударної в'язкості.

Оскільки робочий тиск у ресивері 0,6 - 0,8 МПа, то такі конструкції відповідального призначення є об'єктом котлонагляду, для яких необхідне виконання також вимог до технології зварювання: мінімальне число зварних з'єднань, нерозташування зварених з'єднань в місцях концентрації напружень, не допускаються стикові зварні з'єднання з неповним проплавленням, їх конструкції не повинні обмежувати проведення експлуатації та контролю, спеціальні вимоги до отворів в залежності від товщини компонентів, для зварювання фланців застосовуються таврові, кутові чи стикові з'єднання.

На несучу здатність даного зварного корпусу, а також на економічність технології зварювання значний вплив має точність підготовки деталей під зварювання, чистота поверхонь та якість складання.

При виготовленні відповідальних об'єктів котлонагляду, а саме посудин, що працюють під тиском, застосовуються допуски за відповідними техумовами: граничні відхилення обечайок не повинні перевищувати певних значень, [5]. Так допустиме відхилення обечайки із вуглецевої сталі для суднобудування, згідно ДСТУ 3446-96, по периметру для товщин до 10 мм становить  $\pm 3$  мм, а для товщин 10-18 мм  $\pm 3$  мм, граничне відхилення діаметра для розмірів 700-1200 мм становить  $\pm 3$  мм. Різні конструктивні елементи, типорозміри зварних з'єднань корпусів посудин під тиском повинні відповідати також ГОСТ 5264, , ГОСТ 14771, ГОСТ 14806, ГОСТ 8713 та чинним нормативним документам.



При експлуатації котлів, розподільувачів та посудин [5, 6], що працюють під тиском, матеріали повинні володіти достатньо високими механічними властивостями: опором повзучості, не схильністю до старіння, структуростійкістю, доброю зварюваністю. Міцність металу зварного шва повинна бути відповідною міцності основного металу. Перераховані міцнісні властивості повинні дозволяти надійну експлуатацію посудин на визначений термін.

Підготовлення кромки та зазорів між збірними одиницями корпусів посудин повинні відповідати держстандартам: при ручному дуговому зварюванні ГОСТ 5264-80; при зварюванні в середовищі захисних газів ГОСТ 14771-76; складання повинно бути проведено в складальних пристосуваннях.

### 1.3 Характеристика основного металу

Для виготовлення даного повітряного ресивера використовують маловуглецеві сталі 20К, проте для фланців та штуцерів сталь 25К.

Сталь 20К – мало вуглецева, якісна сталь, добре зварювана сталь [7]. Зварюваність – це здатність металу або сплавів металів створювати за відомою технологією зварювання нероз’ємні з’єднання, що відповідають вимогам, обумовленим конструкцією та експлуатацією виробу. На зварюваність впливають хіміко-фізичні властивості, тип кристалічної ґратки, ступеня легування, присутності домішок та інших факторів. Добре зварювані сталі не потребують проведення додаткового підігрівання та кінцевого термооброблення.

Відомо [7], що маловуглецева сталь 20К добре зварюється. Забезпечення рівномірності зварного з’єднання не викликає вирішення додаткових технічних протиріч. Зварні шви із даної сталі показують задовільну стійкість до гарячих тріщин. Проте при значних товщинах при верхній межі вуглецю може підвищитися умовірність до утворення до холодних тріщин. За таких умов може бути проведено попереднє підігрівання до 200°C [7, 20]. Хімічний склад котельної сталі 20К наведений у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 20К, %, ГОСТ 5520-79 [7]

Марка сталі	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	N	P
				не більше					
20К	0,16-0,24	0,15-0,30	0,35-0,65	0,3	0,3	0,3	0,04	0,008	0,04

Механічні властивості котельної сталі 20К наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 20 К для товщини 5-20 мм, [7]

Марка сталі	Тимчасовий опір, МПа	Межа текучості, МПа	Відносне подовження, %	Ударна в'язкість, Дж/см <sup>2</sup>
20К	400-510	245	25	29*

\*після механічного старіння

Перевіримо за еквівалентом вуглецю  $C_e$  імовірність утворення холодних тріщин, при врахуванні середніх значень легуючих елементів за рекомендаціями Міжнародного інституту зварювання [8]:

$$C_e = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}, \quad (1.1)$$

де  $C_e$  – вміст хімічних елементів у %.

$$C_e = 0,2 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3 + 0,3}{15} = 0,38 \%$$

Отже, в сталі 20К  $C_e = 0,38\%$ , що нижче допустимого значення  $C_e = 0,425$ , що підтверджує добру зварюваність сталі. Проте, при розрахунку еквіваленту вуглецю за найбільш несприятливими значеннями легуючих елементів  $C_e = 0,448$ , що свідчить про необхідність лабораторного контролю вхідних партій металу та корегування технологічного процесу для проведення попереднього підігрівання для зменшення імовірності утворення холодних тріщин.

#### 1.4 Методи збирання та зварювання циліндричних посудин

Повітряний ресивер виготовляють у формі циліндричної посудини з двома денцями [1, 9]. Характерними зварними з'єднаннями для таких посудин є стикові з'єднання. Для зварювання корпусу використовують прямолінійні подовжні шви (обичайка), та кільцеві шви (обичайки та напівсферичні денця). Також круговими швами зварюють штуцери та патрубки.

На рис. 1.2. показані різні стикові з'єднання: з'єднання без підкладки, рис. 1.2а, з'єднання з підкладкою, яка залишається, рис. 1.2б та з'єднання з місцевим потовщенням стінки у ділянці зварного шва, рис. 1.2в. В основному зварювання проводять без підкладки, проте проводити повне проплавлення можна лише для невеликих товщин. Для сталей з хорошою зварюваністю як запропонована сталь 20К дозволяє залишити підкладку, проте в даному випадку залишається і концентратор напруження. Потовщення використовують для компенсації розміщення основного металу в зоні зварювання.

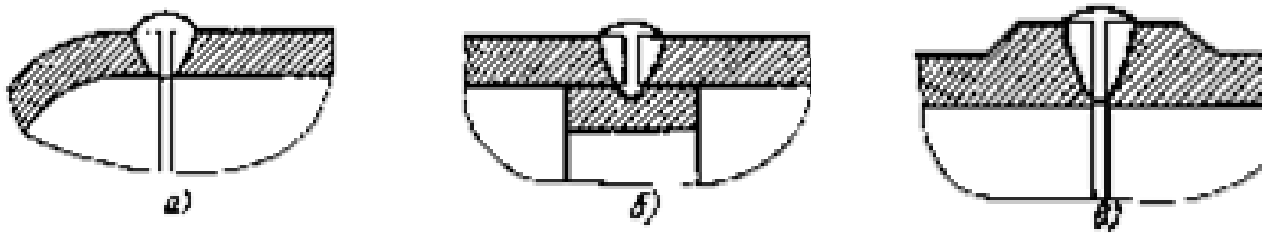


Рисунок 1.2 - Конструкції кільцевих стикових зварних з'єднань

На малюнку 1.3 а, б, в показані приклади конструкцій зварних з'єднань штуцерів з циліндричною посудиною.

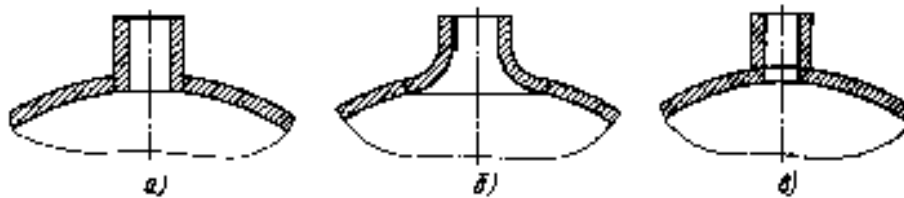


Рисунок 1.3 - Конструкції зварного з'єднання штуцера з обичайкою

Для складання габаритних циліндричних конструкцій застосовують різні пристрої: з гідравлічними струбцинами, візками із скобами, центраторами, притискними дошками з електромагнітами, хрестовинами із втулками [9].

Для однобічного зварювання поздовжніх швів для невеликих товщин застосовують стенди із клавішними притисками (рисунок 1.4), що рівномірно стискають кромки та підкладки [10-13].

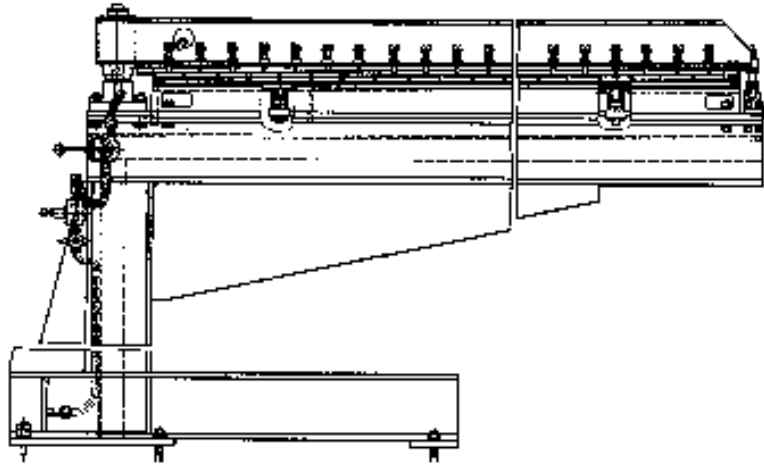


Рисунок 1.4 - Стенд для складання подовжніх зварних швів

Дане клавішне пристосування для притискання кромки (рис. 1.5) працює наступним чином. Кромки обичайки стискаються з ложементом 2 та з підкладкою 3 клавішами 1, які закріплюються на балках 5. Пневмоциліндри 4 тиснуть на клавіші 1.

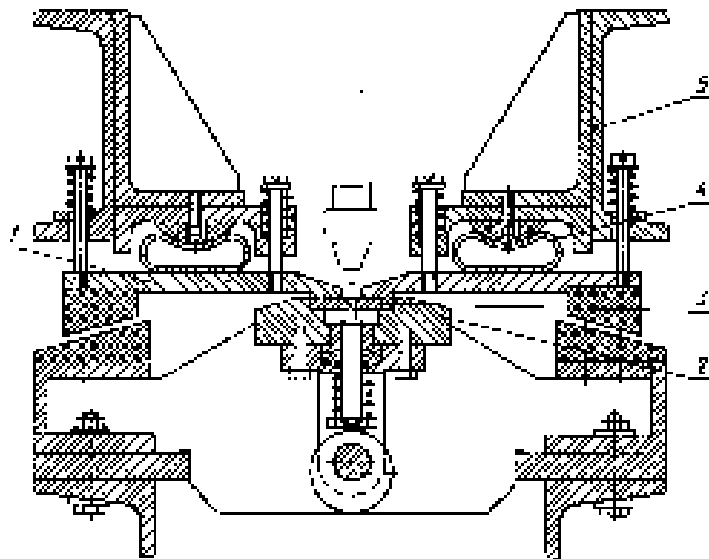


Рисунок 1.5 - Пристосування для притискання кромки подовжнього шва

Спочатку повертається ексцентрик 1 (Рисунок 1.6) і із прокладки виходять фіксатори 2, далі до упору заходить перша кромка і затискується пневмоциліндом. Після цього фіксатори забираються і наступну крайку подають до упору у при-

тиснену першу крайку, потім затискають все притискачами. В результаті проводиться встановлення стикового з'єднання по осі.

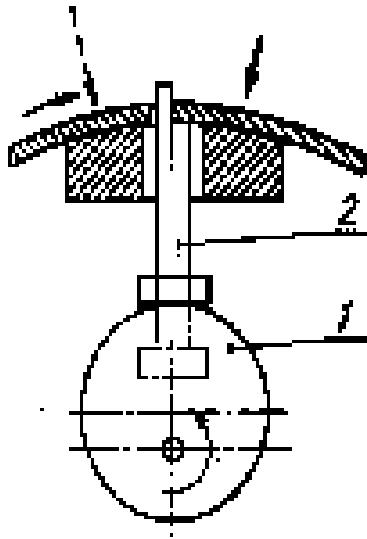


Рисунок 1.6 - Позиціонування кромки подовжнього шва

Для притискання кромки до підкладки можна застосовувати зовнішні стяжні полоси (Рисунок 1.7), але при цьому переміщення кромки усувають лише частково.

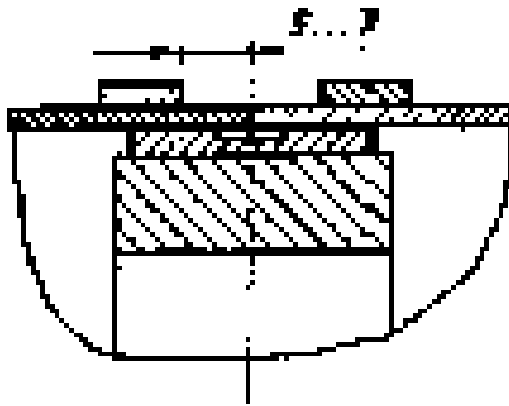


Рисунок 1.7 - Стягування кільцевого стику за допомогою полос

Також можна притискати кромки роликом перед зварювальним пальником (рисунок 1.8). Ролик кріпиться на консолі перед зварювальною дугою. Зварювальний дріт 2 розміщується під роликом 1 з кільцевою проточкою.

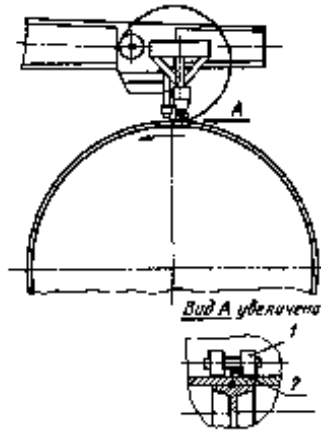


Рисунок 1.8 - Пристрій для притискання кромки

Більш раціональною є схема притискання кромки обечайки через кромку фланця (Рисунок 1.9 б), проте такий спосіб використовується при товщині елементів до 2 мм. При більшій товщині застосовуються фланці із спеціальним виступом (Рисунок 1.19 а, б).

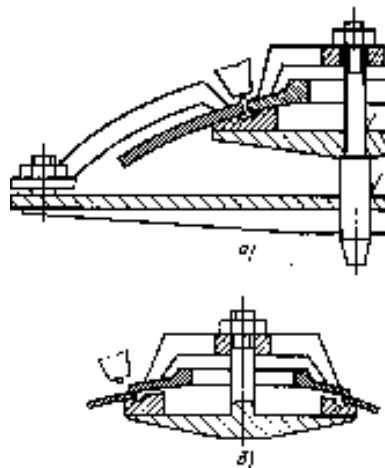


Рисунок 1.9 - Пристрій для складання фланців

### 1.5 Способи зварювання та зварювальні матеріали, які застосовуються при виготовленні повітряного ресивера

Зварювання сталі 20К рекомендують проводити більшістю доступних способів, серед механізованих відмітимо наступні: механізоване електродугове зварювання плавким електродом в середовищі вуглекислого газу та автоматичне електродугове зварювання під флюсом. Ручне дугове зварювання застосовують в

сіх просторових положеннях і воно можливе у місцях, які є недосупними для механізованого зварювання. Проте швидкість ручного зварювання становить біля 10 м/год.

Електродугове зварювання під флюсом має високу продуктивність, хорошу якість, добру енерго- та матеріалоефективність у порівнянні із ручним зварюванням,. Проте зварювання під флюсом проводять у нижньому положенні. Даний спосіб має переваги у вищій глибині проплавлення та продуктивності процесу зварювання. Даним способом можна добре зварювати стикові зварні шви без скосу кромek із товщиною до 16 мм та високою швидкістю до 100 м/год.

Перевагою автоматизованого зварювання є автоматизована подача зварювального дроту у зону зварювання, у напівавтоматичному зварник самостійно пересуває пальник.

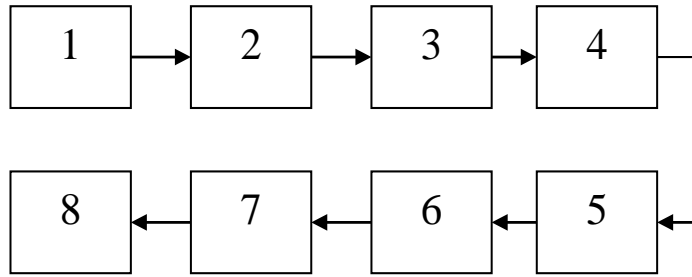
Механізоване зварювання плавким електродом у  $\text{CO}_2$  має найбільше переваг перед ручним зварювання покритими електродами та зварювання під флюсом. Шви виконуються при цьому в усіх просторових положеннях при високих густинах зварювального струму за умови доброго формування шва та відсутності операцій із флюсом. Серед недоліків даного способу слід відмітити можливість іржі незахищеного зварювального дроту, необхідність потужної вентиляції, застосування зварювальних дротів із спеціальними розкислюючими елементами, які потрапляють далі у шов, застосування обладнання для транспортування та зберігання газів.

## 1.6 Аналіз існуючої технології зварювання повітряного ресивера

Технологічний процес складання та зварювання корпусу ресивера приведено на технологічній схемі, рисунок 1.10.

Зварювання поздовжніх швів обичайок ресивера проводиться на керамічних підкладках у вуглекислому газі. Спочатку збирають вручну стик корпусу шляхом підвальцювання з попереднім натягом кромek всередину, далі виконують електроприхватки по довжині стикового з'єднання та приварюють вхідну і вихідну

планки, встановлюють керамічні підкладки та проводять зварювання у вуглекис-  
ному газі з оберненим формування шва.



- 1 – складання подовжнього стику обичайки; 2 – зварювання подовжнього шва обичайки; 3 – обрізка торців обичайок і денець; 4 – складання корпусу ресивера; 5 – зварювання кільцевих швів корпусу; 6 – встановлення і зварювання деталей оснащення; 7 – контроль якості та випробування; 8 – виправлення дефектів, передача у відділ контролю.

Рисунок 1.10 - Технологічний процес складання та зварювання корпусу ресивера

Складання та зварювання корпусу ресивера проводять шляхом зварювання кільцевих стиків обичайки, двох денець та підкладних кілець. Денця з кільцями спряження обтискаються вручну по периметру спряження. Денця з підкладними кільцями встановлюються на планшайбі та закріплюються. З'єднання підкладних кілець з денцями проводиться напівавтоматичним зварюванням у вуглекисному газі. Виконані зварні шви зачищають, видаляють бризки металу.

Перед зварюванням корпусу проводиться обрізання кромки обичайки на верстатах фрезерно-токарної групи. Далі складають обичайку корпусу з двома денцями та виконують електроприхоплювання. Зібрана обичайка в складі з денцями встановлюється на роликовому стенді. Проводиться напівавтоматичне зварювання внутрішнього кореневого кільцевого шва в  $\text{CO}_2$ . Для забезпечення якості проводиться контроль овальності корпусу.

Механізоване зварювання плавким електродом в середовищі  $\text{CO}_2$  проводять на напівавтоматі ПДГ – 508 із джерелом живлення ВДУ – 506.

Деталі оснащення приварюються ручним дуговим зварюванням.



Перед контролем якості складання та розмірів проводять зачищення корпусу від бризок, бруду та іржі. Виявлені дефекти видаляються. Для випробування на міцність корпусу ресивера проводять гідровипробування.

Якість виготовлення повітряного ресивера у існуючому техпроцесі проводять для виявлення зовнішніх дефектів оптично - візуальним методом.

В існуючому техпроцесі виготовлення корпусу даного повітрязбірника існує ряд недоліків:

- а) нераціональне використання зварювального обладнання;
- б) використання в якості захисного газу  $\text{CO}_2$ , приводить до значних бризок розплавленого металу, забруднення виробу, витрачання додаткового часу на їх видалення;
- в) при складанні стику обичайки, денець та підкладних елементів затрачається багато ручної праці;
- г) при обрізанні кромки обичайки застосовується багато ручної праці та нераціональне обладнання, що не дозволяє отримувати достатню точність позиціонування стиків та якість виробу;

д) існуючий технологічний процес має низьку продуктивність та якість.

Для вдосконалення технологічного процесу пропоную такі рішення:

- а) підібрати раціональне зварювальне обладнання та режими зварювання;
- б) використати в якості захисного газу суміш  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  замість  $\text{CO}_2$ ;
- в) застосувати автоматичну установку для термічного плазмової обрізки торцевих кромки обичайок і денець;
- г) при складанні обичайки, денець та підкладних кілець застосувати спеціалізований складальний стенд.

## 2 Технологічна частина

### 2.1 Обґрунтування вибору способу зварювання

Сталь 20К - маловуглецева, якісна сталь, яка рекомендують зварювати без обмежень [7]. У таблиці 2.1 представлено типові способи зварювання для даної сталі.

Таблиця 2.1 - Типові способи зварювання сталі 20К

Матеріал	Способи зварювання									
	Е	АП	ІП	Ф	Ш	Г	ІН	П	ЕП	Л
20К	+	++	(+)	++	++	+	(+)	(+)	(+)	(+)

«++» – рекомендується переважно;

«+» – рекомендується;

Оскільки зварювання даної сталі не вимагає обов'язкового використання дорогих захисних інертних газів, можемо виключити способи зварювання плавкими (ІП) і неплавкими електродами (ІН) у інертних газах. Також не має необхідності проводити зварювання фотонними електро-променевим (ЕП) та лазерним (Л) способами та плазмовим (П) способом, яке вимагає більш дорогого обладнання. Електрошлакове зварювання (Ш) використовується для значних товщин [20].

Отже, можемо порівняти способи ручного електродугового зварювання (Е), механізованого дугового зварювання у вуглекислому газі (АП), зварювання під флюсом (Ф) та газополуменевого (Г) для вуглецевої сталі товщиною від 6-10 мм. Відкидаємо низькопродуктивне газополуменеве зварювання (Г) [20, 21].

З точки зору зменшення кількості проходів зварювання під флюсом має ряд переваг по продуктивності. Крім цього, електродугове зварювання під флюсом (Ф) має також наступні переваги перед ручним дуговим зварюванням (Е) по якості захисту шва та економічності.

Проте зварювання у вуглекислому газі дозволяє зварювати без шлаку та є більша можливість для його автоматизації, зменшуються відходи електродного

металу. Ручне дугове зварювання (Е) можна виористовувати для зварювання в усіх просторових положеннях на відміну від зварювання під флюсом.

Отже для зварювання поздовжнього стику обичайок приємлим є автоматичне електродугове зварювання в  $\text{CO}_2$  на флюсовій подушці (для зменшення дефектів пропалу). Для зменшення розбризкування електродного металу будемо використовувати газову суміш  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ . Застосування суміші  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  покращить процес перенесення металу у зварювальній дузі, підвищить продуктивність зварювання, зменшить технологічний час, що витрачався на зачищення бризок металу [3, 14, 15]. Рекомендують додавати 5-20 % кисню до вуглекисного газу [14]. Склад суміші нормується стандартом ISO 14175 та регулюється особливістю застосування моделі газового змішувача [15].

Зварювання обичайок ресивера з денцями будемо проводити автоматичним дуговим зварюванням в  $\text{CO}_2$ . Приварювати підкладні кільця до денця, фланці, закладні та патрубки краще напівавтоматичним зварюванням у  $\text{CO}_2$ , для прихваток застосовуємо мобільне ручне електродугове зварювання.

## 2.2 Розрахунок режимів зварювання

### 2.2.1 Розрахунок режимів зварювання при зварюванні стикових з'єднань

Виконання стикових з'єднань із товщиною 8 мм у нижньому положенні на підкладках проводимо однобічним зварювання з V-образним обробленням кромок. Заповнення кореня шва проводимо напівавтоматом у  $\text{CO}_2$ .

Для першого проходу зварювання обираємо діаметр зварювального електродного дроту  $d_s = 1,2$  мм; щільність струму в електроді приймаємо  $i = 220$  А/мм<sup>2</sup> [16]. Розраховуємо зварювальний струм, напругу на дузі, швидкість зварювання:

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot i, \quad I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 220 = 250 \text{ А} \quad (2.1)$$

$$U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{CB}}{d_s^{0,5}} - 1, \quad U_d = 20 + \frac{0,05 \cdot 250}{1,2^{0,5}} - 1 = 31 \text{ В} \quad (2.2)$$

$$V_{CB} = \frac{A}{I_{CB}}, \quad V_{CB} = \frac{4 \cdot 1000}{250 \cdot 36} = 0,44 \text{ см/с} \quad (2.3)$$

$$A \cdot 10^3 = 4 \text{ м/год}$$

Погонна енергія дуги буде,  $q_n$ :

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_d \cdot \eta_n}{V_{CB}} \quad (2.4)$$

$\eta_i = 0,65 \dots 0,7$  для зварювання в  $\text{CO}_2$

$$q_n = \frac{0,24 \cdot 250 \cdot 31 \cdot 0,7}{0,44} = 2842 \text{ кал/см}$$

Глибинна провару  $H$  буде:

$$H = A \sqrt{\frac{q_n}{\psi}} \quad (2.5)$$

$A = 0,0165$  для зварювання у  $\text{CO}_2$ ;

$\psi$  - коефіцієнт форми провару:

$$\psi = k_2 (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_e \cdot U_d}{I_{CB}} \quad (2.6)$$

$k_2$  – коефіцієнт відповідно до струму та діаметру електроду [16];

$k_2 = 0,96$ ;

$$\psi = 0,96 (19 - 0,01 \cdot 250) \cdot \frac{1,2 \cdot 31}{250} = 2,3;$$

$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{2842}{2,3}} = 0,58 \text{ см.}$$

Ширину шва знаходимо за формулою:

$$e = H \cdot (1,8 \dots 2,1) = 1,34 \text{ см}$$

Площа наплавленого металу у один прохід:

$$F_{H1} = \frac{\alpha_n \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{CB}}, \quad F_{H1} = \frac{13 \cdot 250}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,44} = 0,26 \text{ см}^2 \quad (2.7)$$

$\alpha_n = 13 \text{ г/(А·год)}$ , [5].

Висота валика  $g$  визначається за формулою:

$$g = \frac{F_H}{0,73 \cdot e}, \quad g = \frac{0,26}{0,73 \cdot 1,34} = 0,26 \text{ см} \quad (2.8)$$

Заг. висота валика  $c$  визначається за формулою:

$$c = H + g, \quad c = 0,58 + 0,26 = 0,84 \text{ см.} \quad (2.9)$$

Площа наплавленого металу:

$$F_{н.лиц.}/F_{н.обр.} \approx 1,3 \quad (2.10)$$

Площа наплавленого металу з лицевого боку:

$$F_{н.лиц.} = 1,3 \cdot (F_{н.л} - H \cdot b) / (1 + 1,3) = 1,3 \cdot (26 - 5,8 \cdot 0) / 2,3 = 14,6 \text{ мм}^2$$

Площа наплавленого металу із зворотного боку:

$$F_{н.звор.} = F_{н.лиц.} / 1,3 = 14,6 / 1,3 = 11,2 \text{ мм}^2$$

де  $H$  – глибина провару кромок, мм;  $b$  – величина зазору, мм.

Ширина зворотної сторони валика:

$$e' = \frac{e}{\psi}, \quad e' = \frac{1,34}{2,3} = 0,58 \text{ см} \quad (2.11)$$

Висота валика  $g'$  із зворотного боку:  $g' = \frac{F_{н.обр.}}{0,73 \cdot e'} = \frac{11,2}{0,73 \cdot 0,58} = 2,66 \text{ мм.}$

Визначимо висоту наповнення оброблення наплавленим металом:

$$g'' = \sqrt{\frac{F_{н.л} - c \cdot b}{tg \frac{\alpha}{2}}}, \quad g'' = \sqrt{\frac{0,26 - 0,84 \cdot 0}{tg \frac{30}{2}}} = 0,98 \text{ см} \quad (2.12)$$

Глибина проплавлення:  $H' = c - g'' = 0,1 \text{ см}$ , що вказує на повне проплавлення.

Для визначення кількості проходів, необхідних для заповнення оброблення й утворення шва з коефіцієнтом форми валика  $\psi_y = 10$  площа оброблення визначається:

$$Fp = h^2 \cdot tg \frac{\alpha}{2}, \quad Fp = 8^2 \cdot tg \frac{30}{2} = 36,9 \text{ мм}^2, \quad (2.13)$$

$h$  – глибина оброблення.

Ширина шва після фінального заварювання:

$$e_{tp} = 2 \cdot h \cdot tg \frac{\alpha}{2} + 2 \cdot (2 \dots 3), \quad e_{tp} = 2 \cdot 8 \cdot tg \frac{30}{2} + 2 \cdot 2,5 = 14,2 \text{ мм} \quad (2.14)$$

Площа поперечного перерізу валика:

$$F_{B.T.p} = 0,73 \frac{e_{tp}^2}{\psi_y}, \quad F_{B.T.p} = 0,73 \frac{14,2^2}{10} = 14,8 \text{ мм}^2 \quad (2.15)$$

Загальна площа наплавленого металу  $F_H = 36,9 + 14,8 = 51,7 \text{ мм}^2$

Площа поперечного перерізу металу після наступних проходів

$$F'_H = F_H - F_{H_I} = 51,7 - 26 = 25,9 \text{ мм}^2$$

При механізованому зварюванні в  $\text{CO}_2$  площа поперечного перерізу наплавленого металу 30-40  $\text{мм}^2$  Тому можемо провести зварювання за один прохід.

Приймаємо для другого проходу  $d_s = 1,2 \text{ мм}$  і струм, що допускається,

$i = 220 \text{ А/мм}^2$ . Тоді зварювальний струм буде

$$I_{CB} = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} \cdot i, \quad I_{CB} = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 220 = 250 \text{ А} \quad (2.16)$$

Швидкість зварювання  $V_{CB}$ , яка потрібна для створення необхідної площі наплавленого металу за один прохід  $F'_H = 25,9 \text{ мм}^2$ :

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot F'_H}, \quad V_{CB} = \frac{14 \cdot 250}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,259} = 0,48 \text{ см/с} \quad (2.17)$$

$\alpha_H = 14 \text{ г/(А год)}$  [16].

Необхідну величину напруги на дузі знаходимо з умови стабільного горіння по формулі:

$$U_D = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{CB}}{d_s^{0,5}} \pm 1, \quad U_D = 20 + \frac{0,05 \cdot 250}{1,2^{0,5}} \pm 1 = 32 \text{ В} \quad (2.18)$$

Теплова потужність дуги складе:

$$q = 0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_D \cdot \eta_H, \quad q = 0,24 \cdot 250 \cdot 32 \cdot 0,8 = 1546 \text{ кал/с} \quad (2.19)$$

Глибина провару для даного режиму

$$H = 0,0156 \sqrt{\frac{q}{\psi \cdot V_{CB}}}, \quad H = 0,0156 \sqrt{\frac{1546}{2,6 \cdot 0,48}} = 0,55 \text{ см} \quad (2.20)$$

$$\psi = k_2 (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_s \cdot U_D}{I_{CB}} = 2,6$$

Ширина шва  $e = H \cdot \psi = 0,55 \cdot 2,6 = 1,43$  см, що більше потрібно  $e_{mp} = 1,42$  см

Розраховані режими зварювання та геометричні параметри для зварного шва наведені на рисунку 2.1 і в таблиці 2.3.

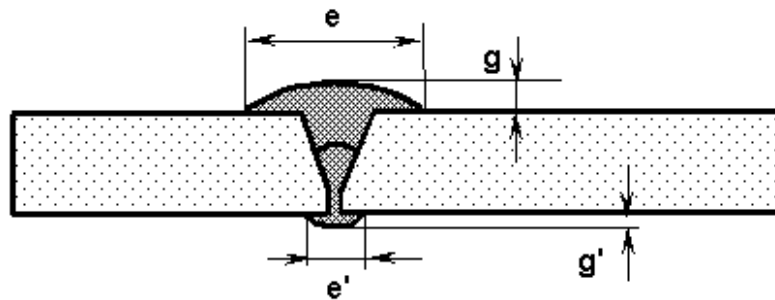


Рисунок 2.1 - Геометричні параметри зварного стикового з'єднання з обробленням кромки

Таблиця 2.2 - Режими зварювання зварного стикового з'єднання

Вид шва	Режим зварювання				Основні розміри переізу шва						
	I <sub>св</sub> , А	d <sub>з</sub> , мм	U <sub>д</sub> , В	V <sub>св</sub> , м/Го	F <sub>н</sub> , мм <sup>2</sup>	Лицевий бік			Зворотній бік		
						e, мм	g, мм	Ψ <sub>л</sub>	e', мм	g', мм	Ψ <sub>об</sub>
Корінь шва (механізоване в CO <sub>2</sub> )	250	1,2	30	16,1	25,8	--	--	--	5,8	2,7	2,2
Прохід (механізоване в CO <sub>2</sub> )	250	1,2	32	17,2	26,0	14	1,4	10	--	--	--

Отже, зварювання стикового шва з V-образним обробленням кромки за один прохід забезпечується механізованим зварюванням у CO<sub>2</sub> (корінь шва) і за один прохід механізованим зварюванням в CO<sub>2</sub>.

### 2.2.2 Розрахунок режимів при зварюванні таврових зварних з'єднань

Зварювальний струм [16] при зварюванні таврових з'єднань знаходимо з умови задовільного формування шва:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_z^2}{4} \cdot i = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 220 = 250 \text{ А,}$$

$i$  – допустима густина струму,  $i = 220 \text{ А/мм}^2$ ,

$d_3 = 1,2 \text{ мм}$ .

Напругу на дузі:  $U_D = 20 + \frac{0,05 \cdot I_{CB}}{d_3^{0,5}} \pm 1 = 20 + \frac{0,05 \cdot 250}{1,2^{0,5}} \pm 1 = 30 \text{ В}$ .

Швидкість зварювання  $V_{CB}$ :

$$F_{HTP} = k_y \frac{k^2}{2} = 1,5 \frac{3^2}{2} = 6,75 \text{ мм}^2,$$

$k_y$  – коефіцієнт, що враховує  $F_H$  за рахунок випуклості шва і зазору.  $k_y = 1,5$  для катета 3 мм,  $\alpha_H = 14 \text{ г/(А од)}$  [16].

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{HTP}} = \frac{14 \cdot 250}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,0675} = 1,8 \text{ см/с}$$

Погонна енергія дуги:  $q_H = \frac{0,24 \cdot I_{CB} \cdot U_D \cdot \eta_H}{V_{CB}} = \frac{0,24 \cdot 250 \cdot 30 \cdot 0,7}{1,8} = 690 \text{ кал/см}$

Глибина провару безкосного стикового з'єднання на даному режимі

$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{q_H}{\psi}} = 0,0165 \sqrt{\frac{690}{2,4}} = 2,8 \text{ мм},$$

$$\psi = k_2 (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_3 \cdot U_D}{I_{CB}} = 1 (19 - 0,01 \cdot 250) \cdot \frac{1,2 \cdot 30}{250} = 2,4,$$

ширина шва  $e = \psi \cdot H = 2,4 \cdot 2,8 = 6,7 \text{ мм}$ ,

висота валика  $g = \frac{F_{HTP}}{0,73 \cdot e} = \frac{6,75}{0,73 \cdot 6,7} = 1,4 \text{ мм}$ ,

загальна висота стикового шва  $c = H + g = 2,8 + 1,4 = 4,2 \text{ мм}$ .

Висота зовнішньої частини кутового шва з катетом 3 мм:

$$g' = \sqrt{F_H} = \sqrt{6,75} = 2,6 \text{ мм}.$$

Глибина провару  $H'$ :  $H' = c - g' = 4,2 - 2,6 = 1,6 \text{ мм}$ .

Ширина кутового шва:  $e = 2 \cdot g' = 2 \cdot 2,6 = 5,2 \text{ мм}$ .

Коефіцієнт форми кутового шва  $\psi = \frac{e}{c} = \frac{5,2}{4,2} = 1,28$  знаходиться в опти-

мальних межах 1,3...2,0 і при струмах нижче 250 А.

Розрахункову висоту шва  $h_p$   $h_p = (k_p + s_b) \sin 45^\circ = (3 + 1,4) \sin 45^\circ = 3,1 \text{ мм}$



де  $k_p$  – катет шва,  $s_g$  – глибина проплавлення вертикального компонента  
 $s_g=(0,8...1,0)H'=1,4$  мм

Результати розрахунку наведені на рисунку 2.2 і в таблиці 2.4.

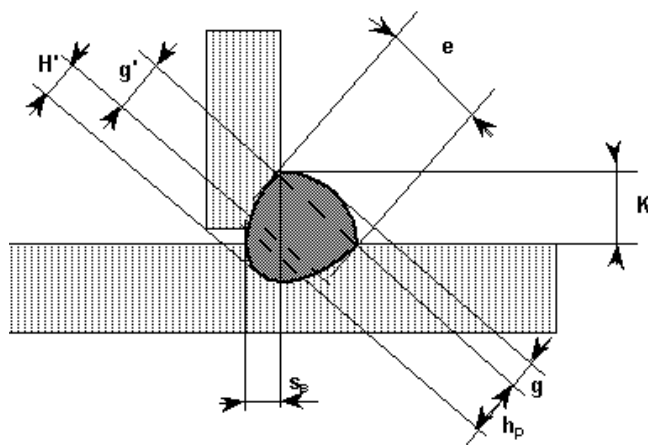


Рисунок 2.2 - Геометричні параметри таврового зварного з'єднання

Таблиця 2.3 - Режими зварювання таврових зварних з'єднань

Вид шва	Режим зварювання				Основні розміри перерізу шва						
	I <sub>св</sub> , А	d <sub>э</sub> , мм	U <sub>д</sub> , В	V <sub>св</sub> , м/год	F <sub>н</sub> , мм <sup>2</sup>	H', мм	e, мм	g', мм	s <sub>в</sub> , мм	h <sub>р</sub> , мм	γ
Тавровий (без оброблення)	249	1,2	30	66,2	7	1,6	5,2	2,6	1,4	3,1	1,2

### 2.3 Обґрунтування вибору зварювальних матеріалів

Для забезпечення виконання зварювальних робіт у технологічному процесі буде використано наступні зварювальні матеріали: зварювальний дріт, електроди, захисні гази та флюси.

Механізоване зварювання в середовищі захисного газу будемо проводити у суміші вуглекисного газу першого сорту (ГОСТ 8050 – 76) та кисню. При зварюванні у даній суміші CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> присутній кисень, тому для запобігання надмірного окиснення обираємо зварювальний дріт Св – 08Г2С. Зварювальний дріт Св – 08Г2С відносять до низьколегованих зварювальних дротів. Хімічний склад дроту приводиться в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С, ГОСТ 2246 – 70

Марка дроту	Зміст елементів, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
				Не більше			
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	0,2	0,25	0,025	0,03

Для ручного електродугового зварювання обираємо покриті електроди типу Е42А УОНИ 13/45 А (ГОСТ 9467 – 75). Е42А – електроди для зварювання вуглецевих низьколегованих конструкційних сталей із тимчасовим опором на розрив до 500 МПа, з підвищеними вимогами до пластичності та ударної в'язкості.

Характеристика технологічних властивостей електродів типу Е42А марки УОНИ 13/45 наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Технологічні характеристики електродів УОНИ 13/45, ГОСТ 9467 – 75

Марка електроду	Рід та полярність струму	Коефіцієнт наплавлення, г/А*год	Коефіцієнт втрат, %	Коефіцієнт набризкуванн я, %
УОНИ 13/45	Постійний, оберненої полярності	8-9	4,3-4,8	3-6

Механічні властивості металу зварного шва, який виконаний покритими електродами марки УОНИ 13/45, наведені в таблиці 2.7. Зварювання проводиться в будь – якому просторовому положенні.

Таблиця 2.7 - Механічні властивості металу шву при нормальній температурі

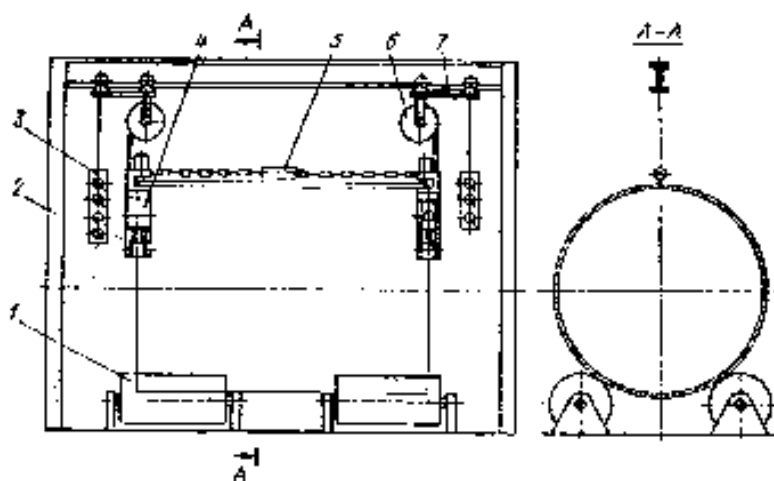
Тип електр оду	Марка електр оду	Межа текучо сті, МПа	Тимчасови й опір розриву, МПа	Відносне видовжен ня, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість, МДж/м <sup>2</sup>
Е42А	УОНИ 13/45	360	420	26	65	1,5

Електроди марки УОНИ 13/45 мають електродне покриття основного типу. Газовий захист металу зварювальної ванни забезпечується вуглекислим газом та

оксидом вуглецю, як результат дисоціації карбонатів покриття. Наплавлений мтеал при цьому буде зхарактеризуватись високою стійкістю до гарячих тріщин, високою ударною вязкістю та мінімальним вмістом кисню. Серед недоліків даного електродного покриття є необхідність прокалювання даних електродів через їх чутливість до утворення пор, іржі на зварюваному металі. Прокалювання проводять за температури 320-350 °С та час витримки 1-2 години у спеціальних печах.

#### 2.4 Вибір устаткування для складання повітряного ресивера

У існуючій технології поздовжні стики обичайки збираються вручну. Тому рекомендовано використати спеціальний стенд для складання обичайки для точного позиціонування поздовжніх кромek обичайки з заданим зазором в одній площині та підрівнення торцевих кромek. На рисунку 2.3 приведена спеціалізований стенд для складання поздовжнього стику обичайки [10].



1 – роликовий стенд; 2 – портална рама; 3 – пульт керування; 4 – гідравлічна група; 5 – гідроциліндр; 6 – підвіска; 7 – візок.

Рисунок 2.3 – Спеціалізований стенд для складання подовжнього стику обичайки

Спеціалізований стенд складається з порталу 2, гідравлічних груп 4 (рисунок 2.3) для з'єднання подовжніх кромek та гідравлічної групи 5 для вирівнювання кромek торця.

Гідрогрупи 4 (Рисунок 2.4) на пружинних підвісках 6 містяться на візках 7, що рухаються на рамі 2. Гідрогрупа 5 для вирівнювання кромки торця є гідроциліндром із ланцюгами з гаками для зачеплення за кромки обичайки.

Технічна характеристика спеціалізованого стенду для складання подовжніх стиків обичайок

Розміри обичайок, мм:

Довжина .....500 - 2100

Діаметр .....500 - 1500

Товщина стінки ..... до 16

Габарити установки, мм:

Висота ..... 2800

Ширина ..... 1800

Довжина .....2500

Величина зусилля стяжки, кН. .... 12

Маса, кг .....300

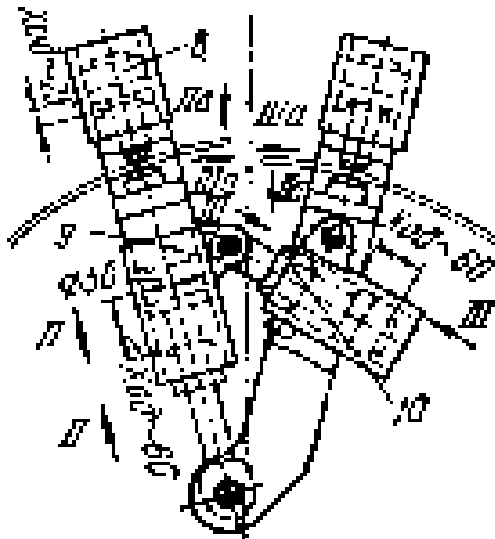
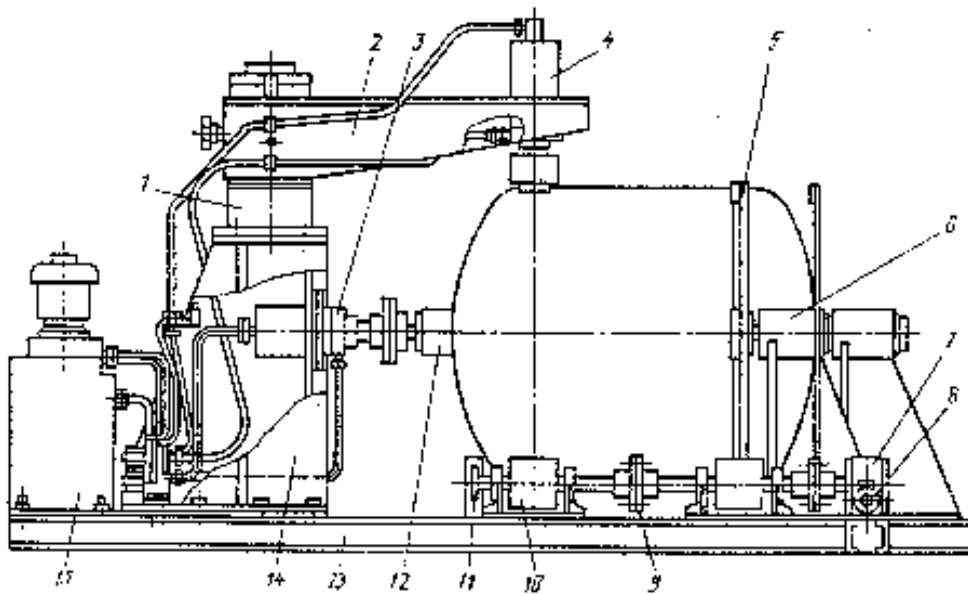


Рисунок 2.4 - Гідравлічна група 4 для з'єднання подовжнього стику

Для проведення операції складання обичайку корпусу ресивера стваляють так щоб стик опинився вгорі та притискачем гідронгрупи 5 вирівнюють торцеві кромки.

Далі гаками 4 вирівнюють та з'єднують поздовжні кромки. Кромки фіксують прихватками із середини стику обичайки.

Для складання обичайок із денцями доцільно використати спеціалізований стенд [11], який має можливість обертання та центрування обичайки на роликоопорах 9 та вирівнювання нерівностей через консолі 13 та упор 5. Також до конструкторської установки входить насосна станція та гідравлічна система 14, привід роликів 9 (рис. 2.5).



1- колона; 2- поворотна консоль; 3,4- гідроциліндри; 5- притискний упор; 8- муфта; 6- черв'ячний редуктор; 7- електродвигун; 9- роликоопора; 11- опорний диск; 12- рама; 13- консоль; 14- насосна станція, 10- ланцюгова передача.

Рисунок 2.5 - Стенд для складання обичайки та донець

Привід роликів 9 з'єднаний з електродвигуном через муфту 8 та черв'ячний редуктор 6. На консолі 13 з поворотною консоллю 2 вертикально закріплений гідроциліндр 4. Для притискання донеця до обичайки використовується гідроциліндр 3 з упором 11. Упор 5 необхідний для фіксації разом донеця та обичайки. Перед складанням обичайки та донець їх кромки вирівнюють та з'єднують прихватками.

Технічна характеристика спеціальної установки  
для складання корпусу повітряного ресивера

Розміри складальних одиниць, мм:

Діаметр . . . . . 1000

Довжина . . . . . до 1500

Товщина стінки . . . . . 8

Параметри електродвигуна

потужність кВт . . . . . 1,1

частота обертання,  $\text{хв}^{-1}$  . . . . . 1000

Тиск у гідросистемі, МПа . . . . . 4

Габаритні розміри, мм

Висота . . . . . 2000

Ширина . . . . . 1300

Довжина . . . . . 3600

Маса, кг . . . . . 2000

## 2.5 Вибір устаткування для обрізки кромки обичайок і донець

При складанні і зварюванні корпусу повітряного ресивера у зв'язку через нерівності кромки, величина зазору стику може бути різною. Це є причиною зменшення якості зварного з'єднання.

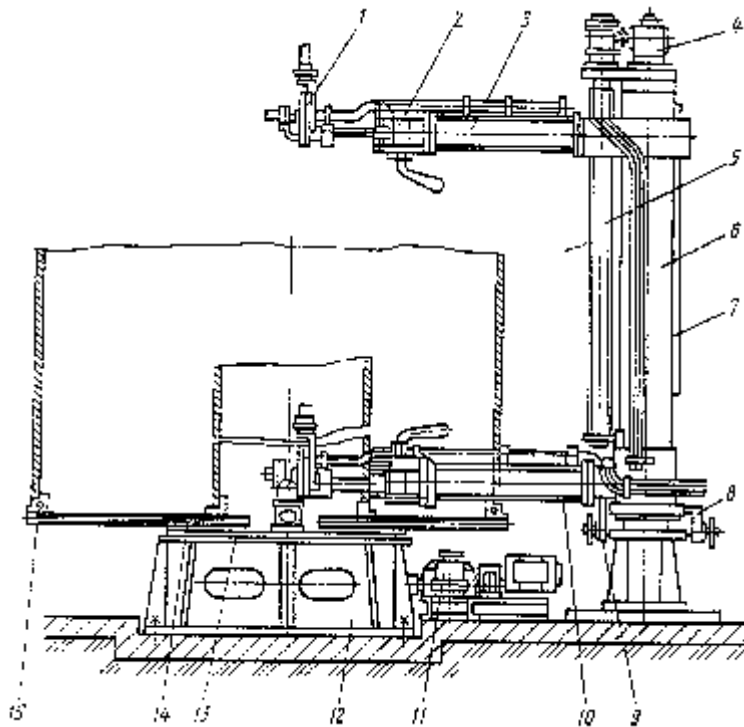
Обрізання торців обичайок і донець дозволяє більш якісно виконувати складання, обрізання може проходити такими способами:

- вручну різаками;
- на спеціальних токарно-фрезерних верстатах;
- з застосуванням спеціалізованих установок для плазмової різки.

Ручне обрізання – трудомістке і малопродуктивне, тому доцільно використовувати механізований процес. Установка для термічного обрізання має певні переваги перед механічними процесами за меншою масою, вартістю, виробничими площами, меншою кваліфікацією робітників.

Основними складовим частинами установка термічного різання торців обичайок і денець [11] (Рисунок 2.6) є поворотна колона 7, консолі 9,5, деталей планшайби 2, станина 14.

Термічні різачи можуть встановлюватися на кронштейні 11 консолі. Також на головках 12 закріплені копірувальний ролик та супорт. Це дозволяє регулювати відстань та кут між різачом та поверхнею. Дві консолі підвищує продуктивність установки, Присутність двох консолей дає можливість проводити різання двома різачами різних торців обичайки. Також на консолі можна закріплювати і газові, і плазмові різачи за необхідності.



1- поворотний пристрій; 2- планшайба; 3- башмк; 4- привід обертання планшайби; 5- нижня консоль; 6- пружинний фіксатор; 7- поворотна колона; 8- направляюча шпонка; 9- верхня консоль; 10- привід верхньої консолі; 11- кронштейн; 12- головка; 13- ходовий гвинт; 14- станина

Рисунок 2.6. Установка для термічного обрізання торців

Перевагою даною установки є можливість регулювання частоти обертання планшайби у залежності від діаметра корпусу. Для цього застосовується електродкигун та коробка передач. Так конструкція дозволяє підтримувати потрібну швидкість газового чи плазмового різання. різання.

Технічна характеристика установки для термічного обрізання торців

Розміри обичайок, мм:

Довжина . . . . . до 2500

Діаметр . . . . . 1000 - 3600

Товщина стінки . . . . . 6 - 30

Швидкість різання, мм/хв. . . . . 330 - 4000

Габаритні розміри, мм:

Ширина . . . . . 3800

Довжина . . . . . 5725

Висота . . . . . 5020

Маса, кг . . . . . 9250

## 2.6 Вибір зварювального устаткування

Серед функцій автоматичних установок електродугового зварювання в середовищі захисного газу є можливість автоматизації керування процесом електричної дуги (запалювання, регулювання параметрів), пересування пальника вздовж кромки, подачу електродного дроту, керування процесом подачі газу через визначені інтервали для окремих операцій, проведення заварювання кратера.

Особливістю автоматичного керування процесом зварювання циліндричних габаритних конструкцій є необхідність регулювання довжини дуги, реагування системи на зміну зазору в стику.

Зварювальні автомати типу АДСП чи ТС-35 не мають функцій регулювання коливаннями пальника, тому для масового виробництва краще використовувати спеціалізовані зварювальні установки, як наприклад автомат зварювання теплообмінних апаратів АСТА. Дана установка може підтримувати довжину електричної дуги подачею пальника, регулювання пальником під час зварювання при зміні зазору, використовувати вуглекисний газ для захисту зварювальної ванни.

До складу АСТА [18] входять приводні і перекидні роликові опори та зварювальні головки з системою керування. Наявність перекидних роликів дозво-



ляє складати корпусу різних діаметрів та швидко переналаштовувати автомат. Якщо складаються корпуси великих розмірів, то перекидні опори кладуть на зовнішню стінку, а для малих – на внутрішню.

Дві пересувних колони з зварювальними головками та механізмом подачі дроту, завдяки візкам, можуть переміщуватися горизонтально у корпусі обечайки.

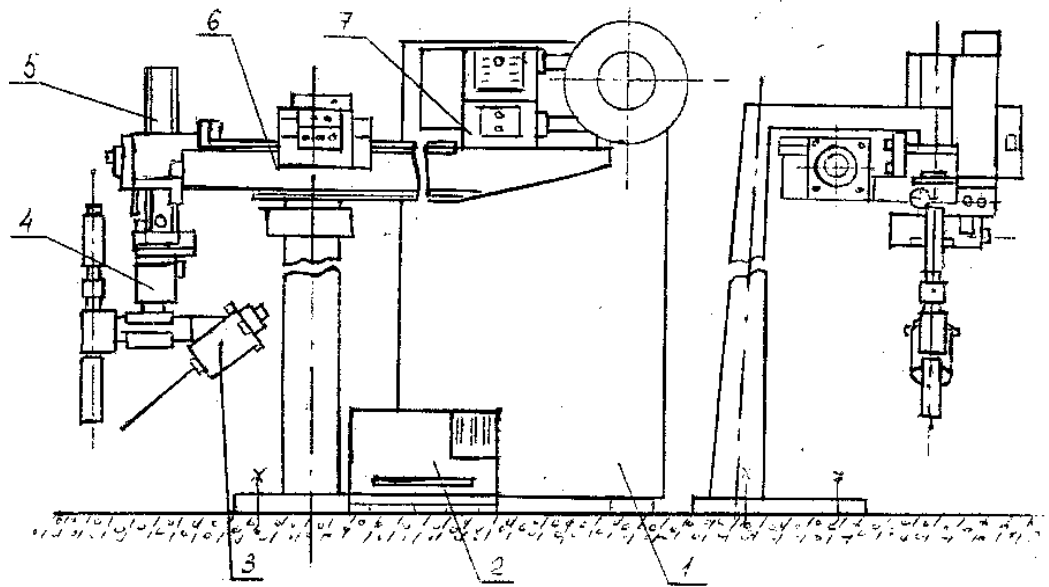
На даному автоматі електрична система налаштування може робити керувати подачею вуглекисного газу, плавно керувати швидкість зварювання, амплітуду і частоту коливань пальника, контролювати ходм запалювання дуги, автоматично вимикати установку.

#### Технічна характеристика автомата АСТА

Розміри корпусів, що зварюються, мм:

Довжина . . . . .	700 – 3200
Діаметр . . . . .	400 - 1200
Зварювальний струм, А. . . . .	400 – 500
Діаметр електродного дроту, мм . . . . .	1,20 - 2,0
Швидкість зварювання, м/год . . . . .	4,5 – 90,0
Витрата захисного газу, л/хв. . . . .	до 20
Частота коливань пальника, кол/сек. . . . .	1 – 3
Тип джерела живлення . . . . .	ВДУ-506
Габаритні розміри, мм:	
Шафа керування . . . . .	1500 x525 x1560
Установки при відведених штангах . . . . .	2500 x 9000 x 330

Після складання проводять зварювання основного поздовжньо шва циліндричного корпусу. При цьому обечайку забороняється транспортувати. Для цього застосовують зварювальну головку АД-135 (Рисунок 2.7) [17]. Зварювальна головка 4 кріпиться на механізмі переміщення 6, який має власний привід. Автоматична система обладнана системою пошуку та спостереження за швом 3.



1- блок керування; 2- блок живлення; 3- система пошуку і система спостереження за зварним швом; 4- зварювальна головка; 5- механізм вертикального переміщення; 6- механізм прямолінійного переміщення; 7- подаючий пристрій.

Рисунок 2.7 - Зварювальна установка АД-135

Подавальний пристрій 7 і касета з зварювальним дротом розміщені з іншого боку установки. Зварювальний пальник має водяне охолодження корпусу. Пальник має кероване вертикальне та горизонтальне переміщення. Горизонтально він переміщується вздовж стику. А по вертикальній осі регулюється зазор між пальником та стиком. Відхилення від лінії стику також вибирається механізмами переміщення пальника завдяки датчику 3, який закріплюється разом з пальником. Положення датчика 3 регулюється в тривісній системі координат.

Для механізованого зварювання плавкими електродами доцільно використовувати вітчизняні зварювальні напівавтомати виробництва Каховського заводу електро-зварювального устаткування. Зварювальні напівавтомати це потужні пристрої із широким діапазоном регулювання зварювальних параметрів, призначені для зварювання дротом з маловуглецевої сталі в середовищі вуглекислого газу довгими і переривчастими швами, у всіх просторових положеннях. Їх технічна характеристика приведена у таблиці 2.8.

# Технічні характеристики зварювальної головки АД-135

Швидкість подачі електродного дроту, м/год 90 – 800

Діаметр електродного дроту, мм 0,8 – 1,6

Швидкість зварювання (регулювання плавна), м/год 12 – 120

Коректування електродів, мм не менш:

вертикально 60

горизонтально 46

Напруга живильної мережі, В 380

Зварювальний струм при ПВ = 60%, А не більш 700

Хід зварювальної головки, мм не менш 1000

Габаритні розміри, мм:

зварювальної головки 2170 x 500 x 600

разом з блоками керування та переміщення 600 x 600 x 1000

Маса головки, кг 200.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики зварювальних напівавтоматів

Технічна характеристика	ПДГ 508М-1 ПДГ 508М-2	КП 003	КП 006
I <sub>ном</sub> , при ПВ=60%, А	315-500	500	500
Витрата захисного газу, л/год	480-1280	480-1280	480-1400
Межі регулювання зварювального струму, А	60-500	50-315 60-500	60-315 60-500
Діаметр електрод- ного дроту, мм - суцільний - порошковий	0,8-1,4;1,2-2,0 0,8-1,4; 1,2-2,0	0,8-1,4; 1,2-2,0 0,8-1,4; 1,2-2,0	0,8-1,4;1,2-2,0 0,8-1,4;1,2-2,0
Межі регулювання швидкості подачі, м/год	140-730	80-800	120-850
Регулювання подачі дроту	східчасте	плавне	плавне
Рекомендоване джерело живлення	КИУ 501	КИУ 301 КИУ 401 КИУ 501	КИУ 301 КИУ 401 КИУ 501

В якості джерела живлення для даного механізованого зварювання можна застосувати універсальні зварювальні випрямлячі виробництва КИУ 301, 501, 1201. Технічна характеристика вітчизняних випрямлячів наведена у таблиці 2.9.

Також у м. Каховка випускають і пальники для дугового зварювання. Пальники призначені для електродугового зварювання в середовищі  $\text{CO}_2$  в усіх просторових положеннях. Технічні характеристики пальників представлені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.9 - Технічна характеристика зварювальних випрямлячів

Технічна характеристика	КИУ 301
Номінальний зварювальний струм, А	315
Межі регулювання зварювального струму	
- жорстка	60-315
- падаюча	50-315
Споживана потужність, кВА	24
Напруга холостого ходу, В	72

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика пальників

Технічна характеристика	КГ 007	КГ 007-01
Діаметр електродного дроту, мм	0,6...1,2	0,8...1,4
Номінальний зварювальний струм, А	160	315
Довжина пальника, мм	1800	3000
Інтервал робочих температур, °С	-10...+40	-10...+40

## 2.7 Висновки

1. Розраховані режими зварювання корпусу ресивера узгоджується з рекомендаціями для зварювання посудин, які працюють під тиском.

2. Стикові зварні з'єднання з обробленням кромки здійснювати автоматичним зварюванням у середовищі  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  за два проходи. Поздовжні зварні шви виконувати на керамічних підкладках, кільцеві зварні з'єднання на підклаках, що залишаються.

3. Зварювання таврових зварних з'єднань здійснювати механізованим зварюванням у  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ .

4. Для обрізання торцевих кромок обичайок та донець застосувати автоматичну установку термічного (плазмового) різання.

5. Рекомендувати заміну двосторонньої розробки кромок на односторонню, що спрощує технологію підготовки кромок при збереженні необхідної геометрії формування зварного шва.

6. Рекомендовано зварювання проводити на більш раціональному устаткуванні на спеціалізованих автоматах АСТА і АД-135.

### 3 Конструкторська частина

#### 3.1 Розрахунок глгольного візка

Несуча конструкція глгольного зварювального візка являє собою встановлену на шасі колону з піднімальною висувною консоллю, на кінці якої підвішений зварювальний апарат.

Розрахунок несучої конструкції повинен виконуватись не тільки на міцність, але і на жорсткість, тому що переміщення елементів конструкції може викликати [19] неприпустиме відхилення зварювального електрода і порушення процесу зварювання. На малюнку 3.1 представлена розрахункова схема несучої конструкції при максимальному вильоті консольної штанги  $L$ . Згинаюче навантаження, що викликає прогин конструкції і відхилення кінця електрода, складається з зосередженої сили на кінці консолі  $G_a$  рівної ваги зварювального апарата в повному його озброєнні, і рівномірно розподіленого навантаження  $G_b$ , рівної власної ваги консолі-штанги з її механізмами. Найбільший згинальний момент, що діє в консолі, і одночасно, по висоті  $H$  колони дорівнює:

$$M_H = (G_a + 0,5 \cdot G_b) L \quad (3.1)$$

$G_a$  – зосереджена сила на кінці консолі, (вага апарата 2000 Н);

$G_b$  – рівномірно-розподілене навантаження.

Припустимо, що штанга виготовлена з листового металу коробчатого перетину розмірами:

$b$  – ширина штанги, см;

$h$  – висота перетину штанги, см;

$\delta$  – товщина листа перетину штанги, см;

$b=15$  см;  $h=30$  см;  $\delta=0,6$  см

Визначимо вагу штанги, Н:

$$G_b = 2 \cdot \delta (b + h) \cdot L \cdot \gamma \quad (3.2)$$

$L$  – довжина консолі, см ( $L=200$  см)

$\gamma$  – питома вага матеріалу балки, 7,8 г/см<sup>3</sup>

$$G_b = 2 \cdot 0,6 (15 + 30) \cdot 200 \cdot 7,8 / 100 = 842 \text{ Н}$$

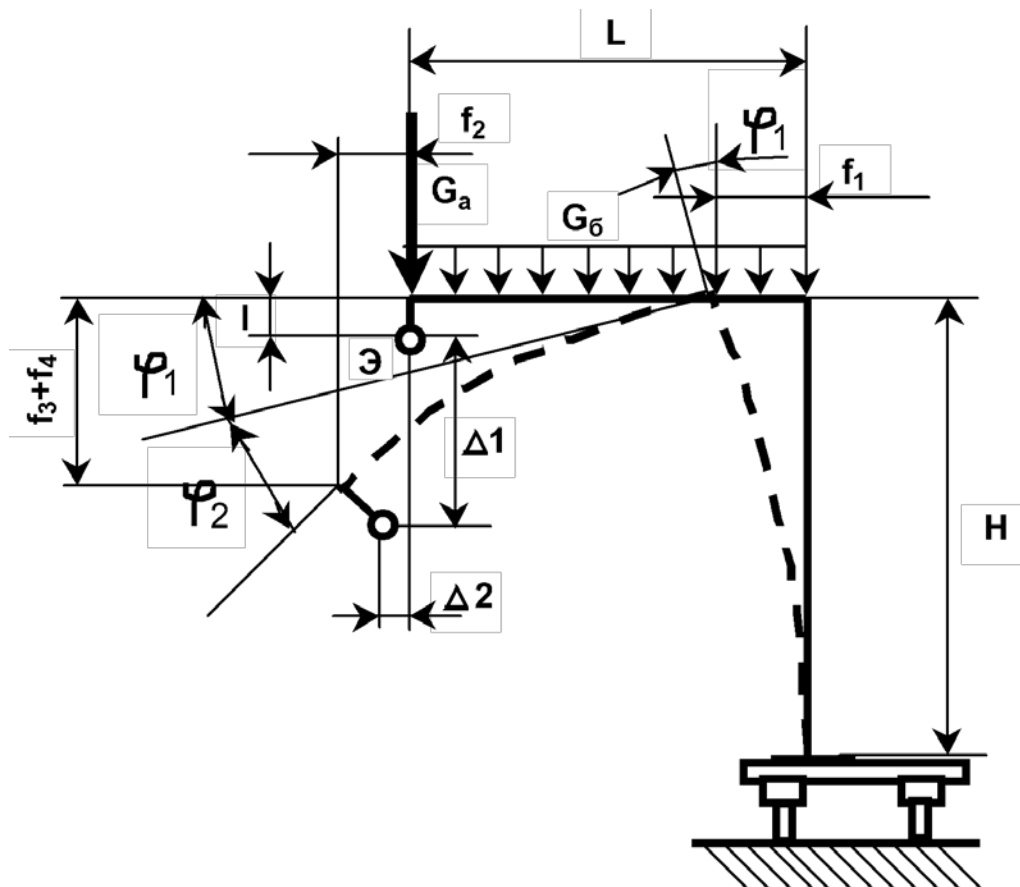


Рисунок 3.1 Розрахункова схема глагольного візка

Найбільший згинальний момент на консолі буде:

$$M_i = (2000 + 0,5 \cdot 842) 200 / 1000 = 484 \text{ кН см}$$

Міцність штанги і колони перевіримо по формулі:

$$\sigma = \frac{M_n}{W_{\delta, \kappa}} \leq [\sigma] \quad (3.3)$$

$W_{\delta, \delta o}$  – момент опору штанги чи колони відповідно;

$[\sigma]$  – напруга, що допускається, на вигин,  $([\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2)$

Момент опору штанги

$$W_{\delta} = \delta \cdot \frac{h^2}{3} \left( 3 \frac{b}{h} + 1 \right) \quad (3.4)$$

$$W_{\delta} = 0,6 \cdot \frac{30^2}{3} \left( 3 \frac{15}{30} + 1 \right) = 450 \text{ см}^3$$

Тоді  $\sigma = 484 / 450 = 1,08 \text{ кН/см}^2$  виникаюча напруга, менше допускаємої, значить штанга витримає прикладене навантаження.

Зробимо розрахунок на жорсткість несучої конструкції.

Визначимо прогин і кути повороту елементів несучій конструкції:

Кут повороту верхньої частини стійки:

$$\varphi_1 = \frac{M_{II} \cdot H}{E \cdot I_k} \quad (3.5)$$

$E$  – модуль пружності матеріалу, кН/см<sup>2</sup> ( $E=20000$  кН/см<sup>2</sup>)

$$I_k = \frac{\delta \cdot h^3}{6} \left( 3 \frac{b}{h} + 1 \right) \quad (3.6)$$

$I_k$  – момент інерції штанги, см<sup>4</sup> ( $I_k=6750$  см<sup>4</sup>)

$$\varphi_1 = 484 \cdot 200 / (20000 \cdot 6750) = 0,0007 \text{ рад}$$

Кут повороту консолі від діючих сил:

$$\varphi_2 = \frac{G_a \cdot L^2}{2E \cdot I_{\sigma}} + \frac{G_{\sigma} \cdot L^2}{6E \cdot I_{\sigma}} \quad (3.7)$$

$$\varphi_2 = \frac{2 \cdot 200^2}{2 \cdot 20000 \cdot 6750} + \frac{0,842 \cdot 200^2}{6 \cdot 20000 \cdot 6750} = 0,0003 \text{ рад}$$

Прогин стійки від діючих сил:

$$f_1 = \frac{\varphi_1 \cdot H}{2} \quad (3.8)$$

$$f_1 = \frac{0,0007 \cdot 200}{2} = 0,0717 \text{ см}$$

Прогин кінця консолі від прогину стійки:

$$f_3 = \varphi_1 \cdot L \quad (3.9)$$

$$f_3 = 0,0007 \cdot 200 = 0,1435 \text{ см}$$

Прогин кінця консолі від діючих сил:

$$f_4 = \frac{G_a \cdot L^3}{3E \cdot I_{\sigma}} + \frac{G_{\sigma} \cdot L^3}{8E \cdot I_{\sigma}} \quad (3.10)$$

$$f_4 = \frac{2 \cdot 200^3}{3 \cdot 20000 \cdot 6750} + \frac{0,842 \cdot 200^3}{8 \cdot 20000 \cdot 6750} = 0,0457 \text{ см}$$

Розрахуємо вертикальне  $\Delta_1$  і горизонтальне  $\Delta_2$  відхилення електрода внаслідок прогину і вигину колони:

$$\Delta_1 = f_3 + f_4 \quad (3.11)$$

$$\Delta_1 = 0,1435 + 0,0457 = 0,189 \text{ см}$$



$$\Delta_2 = f_2 - l(\varphi_1 + \varphi_2) \quad (3.12)$$

$l$  – відстань від точки закріплення зварювального апарата на штанзі до кінця електрода, ( $l=4$  см);

$$f_2 = f_1 \quad (3.13)$$

$$\Delta_2 = 0,0717 - 4(0,0007 + 0,0003) = 0,068 \text{ см}$$

Розрахуємо вертикальне допускаємо відхилення електрода:

$$[\Delta_{\text{верт}}] = (L + H) / 2000 \quad (3.14)$$

$$[\Delta_{\text{верт}}] = (200 + 200) / 2000 = 0,2 \text{ см}$$

Визначимо допускаємо горизонтальне відхилення, електрода:

$$[\Delta_{\text{гориз}}] = (L + H) / 3000 \quad (3.15)$$

$$[\Delta_{\text{гориз}}] = (200 + 200) / 3000 = 0,133 \text{ см}$$

Порівняємо горизонтальне і вертикальне відхилення електрода з допустимим відхиленнями.

$$\Delta_1 \leq [\Delta_{\text{верт}}] \quad 0,189 \leq 0,2$$

$$\Delta_2 \leq [\Delta_{\text{гориз}}] \quad 0,068 \leq 0,133$$

Умова жорсткості виконується.

### 3.2 Висновки

Розрахований глагольний візок відповідає умовам міцності та жорсткості. Максимальне відхилення від вертикалі 0,189 см а горизонтальне 0,068 см.

## **4 Безпека життєдіяльності та охорона праці**

4.1 Оцінка шкідливих факторів, які діють в проектованому цеху. Заходи для зменшення їх впливу.

При механізованому зварюванні необхідно дотримуватися правил охорони праці, згідно технологічного процесу і чітко дотримуватись їх при зварювальних роботах. При застосуванні напівавтоматичного зварювання у вуглекисному газі існує можливість виникнення наступних випадків та впливу на зварника наступних негативних факторів [23] :

- а) травми різного роду механічного характеру при підготовці важких виробів до зварювання і в процесі зварювання;
- б) опіки від крапель розплавленого металу і шлаку при зварюванні;
- в) отруєння шкідливими газами, які виділяються при зварюванні і при забрудненні приміщень пилом;
- г) ураження електричним струмом при дотиканні людини до струмопровідних частин електричного кола;
- д) ураження променями електричної дуги очей і відкритої поверхні шкіри.

Зварювання посудини ресивера проводиться в цеху, де знаходиться значна кількість струмопровідних частин під напругою. Щоб зменшити можливість ураження струмом людини в цеху під час зварювання частин повітрозбірника слід дотримуватися наступних заходів:

- а) ізолювати проводи, які зв'язані з живленням джерела струму, заземлення корпусів зварювального обладнання;
- б) працювати в сухому спецодязі та рукавицях;
- в) використовувати надійну конструкцію пальника з доброю ізоляцією, яка дає можливість уникнення контакту струмопровідних частин пальника із зварювальним виробом.

В умовах підприємств з зварювальним обладнанням в повітрі знаходяться аерозолі різного походження, розмірів, форми і концентрації.

В зварювальному цеху, де зварюються циліндричні посудини – це конденсаційні аерозолі, що утворилися при зварюванні, прибиранні приміщень, переміщенні внутрішнього обладнання.

Для захисту органів дихання, при зварюванні ресивера використовують респиратори великої пилеємкості та вентиляційні системи.

Для запобігання небезпеки ураження очей застосовують захисне скло ЗП – 12 – 72 (ГОСТ 12.4.013 – 85).

В зварювальному цеху через значну кількість електрообладнання та різних горючих газів знаходяться такі засоби гасіння пожежі: вогнегасники ВВК-1,4; ящик з піском ; відро; лопата; сокира. Всі ці знаряддя знаходяться на пожежному щиті. Під час гасіння пожежі електроустановок під напругою забороняється: використовувати піну; проводити усі відключення та будь-які інші операції з електроустановками особовому складу пожежних підрозділів; використовувати воду для гасіння та охолодження; підходити до машин, які подають воду на електроустановки під напругою, для усіх осіб, які не зайняті гасінням пожежі.

Аналізуючи вище наведений матеріал можна зробити висновок, що при виготовленні ресиверів, спроектований технологічний процес та зварювальний цех задовільняють вимоги електробезпеки і пожежної безпеки.

#### 4.2 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення - спеціальне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металічних неструмопровідних частин, які можуть бути під напругою внаслідок замикання на корпус і по інших причинах (індуктивний вплив з'єднаних струмопровідних частин, винос потенціалу, розряд блискавки і т.п.).

Принцип роботи захисного заземлення - пониження до безпечного значення напруги дотику і кроку, обумовлених замиканням на корпус і іншими причинами. Це досягається шляхом зменшення потенціалу заземленого обладнання (за рахунок зменшення опору заземлення), а також шляхом вирівнювання потенціалів основи, на якій стоїть людина, і заземленого обладнання (за рахунок підйому потен-

ціалу основи, на якій стоїть людина, до значення, близького до значення потенціалу заземленого обладнання).

Захисне заземлення застосовується [24]:

- в мережах до 1000 В змінного струму (трифазні трипровідні з ізольованою нейтраллю, однофазні двохпровідні, ізольовані від землі), а також постійного струму (двохпровідні з ізольованою середньою точкою обмотки джерела струму);

- в мережі більше 1000 В змінного і постійного струму з будь-яким режимом нейтральної і середньої точок обмоток джерел струму.

Захисне заземлення являється найбільш розповсюдженим і в той же час дуже ефективним засобом захисту від ураження струмом при появі напруги на металічних неструмопровідних частинах. Розрахунок захисного заземлення має за мету визначити основні параметри заземлення - число, розміри і розміщення одиничних заземлювачів і заземлюючих провідників, при яких напруга дотику і кроку в період замикання фази на заземлюючий корпус не перевищує допустиме значення.

Найбільші допустимі значення опору заземлення  $R_3$ , встановлені Правилами експлуатації електроустановок, складають для установок з напругою до 1000 В: 10 Ом при сумарній потужності генераторів або трансформаторів, які живлять дану мережу, не більше 10 кВ•А; 4 Ом у всіх інших установках.

Для заземлення установки використовуємо штучне заземлення, виконане у вигляді металічної технологічної конструкції, частково загли в землю. Заземлювач передбачається виконати з вертикальних стержневих електродів довжиною  $l=5$  м, діаметром  $d=12$  мм, верхні кінці яких з'єднуються між собою за допомогою горизонтального електрода зі сталіної полоси перерізом 4x40 мм, вкладеної в землю на глибині  $t=0,8$  м.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту  $\rho$ , в якому передбачається розміщувати заземлювач [23, 24]:  $\rho=53$  Ом. Попередньо визначаємо конфігурацію заземлювача, розміщуємо стержні в ряд, на відстані  $l=5$  м один від одного. Визначаємо опір розтікання струму з одного заземлювача за формулою [23, 24]:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4l+1}{4l-1} \right), \quad (4.1)$$

де  $l$  - довжина електродів, м;  $d$  - діаметр електрода, м.

$$R_1 = \frac{53}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 1}{4 \cdot 0,8 - 1} \right) = 11,9 \text{ Ом}.$$

Визначаємо необхідну кількість заземлювачів:

$$n' = \frac{R_1}{(R_{1\text{г}} \cdot \eta'_B)}, \quad (4.2)$$

де  $\eta'_B$  - коефіцієнт використання заземлювачів,  $\eta'_B = 0,8$ .

$$n' = \frac{11,9}{(4 \cdot 0,8)} = 3,7, \text{ приймаємо } n=4.$$

Для зв'язку вертикальних електродів застосовуються горизонтальні електроди - стальна полоса. Довжина горизонтального електрода при розташуванні в ряд:

$$l_1 = a \cdot (n - 1), \quad l_1 = 5 \cdot (4 - 1) = 15 \text{ м}. \quad (4.3)$$

Визначаємо опір розтікання струму горизонтального електрода:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi l_1} \cdot \ln \frac{2l_1^2}{bt}, \quad R_2 = \frac{53}{2 \cdot 3,14 \cdot 15} \cdot \ln \frac{2 \cdot 15^2}{0,2 \cdot 0,8} = 5,9 \text{ Ом}. \quad (4.4)$$

Визначаємо опір струму розтікання штучних заземлювачів:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 \cdot \eta_2 + R_2 \cdot n \cdot \eta_B)}, \quad (4.5)$$

де  $\eta_2$  - коефіцієнт використання горизонтального електрода з врахуванням вертикальних електродів,  $\eta_2 = 0,75$ .

$$R_3 = \frac{11,9 \cdot 5,9}{(11,9 \cdot 0,75 + 5,9 \cdot 4 \cdot 8)} = 3,14 \text{ Ом}.$$

Розраховане захисне заземлення установки повинне забезпечити безпечну роботу обслуговуючого персоналу.

### 4.3 Електробезпека на виробництві

Електрообладнання, яким доводиться користуватися при виробництві подачі будматеріалів на змішувач, являє собою потенційну небезпеку. Багато нещасних випадків відбувається при обслуговуванні найбільш поширеного електрообладнання, розрахованого на напругу 127-380В.

Розглянемо вплив електричного струму на організм людини. При проходженні крізь тіло людини, електричний струм чинить на нього складний вплив: термічний – нагрівання тканини живого організму; біологічний – подразнення і збудження нервових волокон та інших тканин організму; електролітичний – розпад крові і плазми.

Будь-яка з цих дій може призвести до електричної травми, тобто до пошкодження організму дією електричного струму. Розрізняють місцеві електротравми та електричні удари. До місцевих електротравм відносять електроопіки – результат теплової дії електричного струму в місці контакту; механічні пошкодження – розриви шкіри, вивихи, переломи кісток. Електричний удар є дуже серйозним ураженням організму людини, що викликає збудження живих тканин тіла електричним струмом і супроводжується судорожним скороченням м'язів. Залежно від наслідків електричні удари розділяють на чотири ступені: 1 – судорожне скорочення м'язів без непритомності; 2 – судорожне скорочення м'язів з непритомністю, але із збереженням дихання і роботою серця; 3 – непритомність та порушення серцевої діяльності або дихання; 4 – стан клінічної смерті.

Тяжкість ураження електричним струмом залежить від цілого ряду чинників: значення сили струму; електричного опору тіла людини і тривалості протікання через нього струму; роду і частоти струму (змінний, постійний); індивідуальних особливостей людини та умов оточуючого середовища. Основним фактором, що зумовлює ступінь ураження людини, є сила струму. Поріг відчуття струму залежить від стану нервової системи та фізичного розвитку людини. Для жінок порогове значення струму в 0,5 раза нижче, ніж для чоловіків.

Людина починає відчувати змінний струм промислової частоти (50Гц) приблизно з 1 мА (порогів відчутний струм). При струмі 10...15 мА виникає су-

дорожнє скорочення м'язів, яке весь час підсилюється, і людина не може звільнитися від контакту зі струмопровідною частиною (порогів невідпускаючий струм). При 50 мА порушується дихання, а струм 100 мА призводить до фібриляції серцевих м'язів (табл. 14). Найнебезпечнішою є частота струму для людини – 50 Гц. Найнебезпечнішим є шлях струму: рука – ноги, рука – рука, особливо при проходженні струму через мозок, серце, легені.

Опір тіла людини залежить від стану нервової системи людини, її фізичного розвитку. З віком різко знижується опір організму людини та ймовірнішим стає ураження найважливіших органів: легенів, серця, мозку. Найбільш небезпечним є змінний струм частотою 20-1000 Гц. Змінний струм небезпечніший постійного, але це характерно для напруги до 250-300 В. при більших напругах стає небезпечним постійний струм. Деякі захворювання людини (хвороби шкіри, серцево-судинної системи, нервові хвороби) роблять її сприятливішою до електричного струму. Тому до обслуговування електричного обладнання допускаються особи, що пройшли спеціальний медичний огляд. На важкість ураження електричним струмом впливає стан виробничого середовища. Наприклад, підвищена вологість приміщення збільшує небезпеку ураження.

Аналіз нещасних випадків, пов'язаних з дією електричного струму, дозволяє виявити їх основні причини, які можна об'єднати у такі групи:

- випадкове доторкання до струмопровідних частин, що перебувають під напругою;
- несправність захисних засобів, якими потерпілий доторкається до струмопровідних частин;
- поява напруги на металевих частинах електрообладнання (огорожах, карнизах, кожухах) у результаті пошкодження ізоляції струмопровідних частин електрообладнання, замикання фази на землю і т. ін.;
- поява напруги на відключених частинах електрообладнання в результаті помилкового включення обладнання, замикання струмопровідних частин, розряд блискавки та ін;

- виникнення крокової напруги на поверхні землі або підлоги, на якій стоїть людина, в результаті замикання проводу на землю, несправності заземлення.

Рятування життя людини, ураженої струмом, у багатьох випадках залежить від швидкості і правильності дій осіб, що здійснюють допомогу. Передусім потрібно якнайшвидше звільнити потерпілого від дії електричного струму. Якщо неможливо відключити електричне обладнання від мережі, потрібно відразу приступити до звільнення потерпілого від струмопровідних частин, не доторкаючись при цьому до потерпілого.

Заходи долікарської допомоги після звільнення потерпілого залежать від його стану, її потрібно надавати негайно, по можливості на місці події, одночасно викликавши медичну допомогу. Якщо потерпілий не знепритомнів, потрібно забезпечити йому на деякий час спокій, не дозволяючи рухатись до прибуття лікаря. Якщо потерпілий дихає рідко і судорожно, але прослуховується пульс, потрібно негайно зробити йому штучне дихання. При відсутності дихання, розширення зіниць і посиніння шкіри потрібно робити штучне дихання і непрямий масаж серця. Надавати допомогу необхідно до прибуття лікаря, оскільки є багато випадків, коли штучне дихання і масаж серця повертали потерпілих до життя.



## **Загальні висновки кваліфікаційної роботи**

1. Розраховані режими зварювання поздовжніх та таврових зварних з'єднань дозволяють отримати зварні шви, що відповідають рекомендаціям для зварювання посудин, які працюють під тиском.

2. Стикові зварні з'єднання з обробленням кромek пропонується здійснювати автоматичним зварюванням у середовищі  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$  за два проходи. Поздовжні зварні шви виконувати на керамічних підкладках, кільцеві зварні з'єднання на підкладах, що залишаються.

3. Зварювання таврових зварних з'єднань корпусу ресивера здійснювати механізованим зварюванням у середовищі  $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ .

4. Для обрізання торцевих кромek обичайок та донець застосувати автоматичну установку термічного (плазмового) різання.

5. Рекомендувати заміну двосторонньої розробки кромek на односторонню, що спрощує технологію підготовки кромek при збереженні необхідної геометрії формування зварного шва.

6. Рекомендовано зварювання проводити на більш раціональному устаткуванні на спеціалізованих автоматах АСТА і АД-135.

Удосконалення технологічного процесу складання та зварювання корпусу повітряного ресивера В-3,2 дозволить:

- знизити частку ручної праці та трудомісткість виготовлення корпусу ресивера;
- підвищити продуктивність виробництва;
- скоротити час проведення зварювальних операцій;
- покращити якість корпусу повітряного ресивера;
- виконувати зварювальні роботи працівниками меншої кваліфікації;
- поліпшити безпечні умови праці робітників.

## Перелік літератури

1. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К. КВІЦ, 2012. – 896 с.
2. Энциклопедия машиностроения. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т.IV-12 [Текст] / М.Б. Генералов, В.П. Александров, В.В. Алексеев и др. Под общ. ред. М.Б. Генералова. – М.: Машиностроение. 2004 – 832с.
3. Романів В. Є. Особливості застосування сумішей захисних газів при напіваавтоматичному зварюванні плавким електродом / В. Є. Романів, В. В. Лазарюк // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 1. — С. 18–19.
4. Конструкции элементов пневмоагрегатов [Текст]: учебное пособие / М. Г. Прокопов, С. М. Ванеев, В. Н. Козин. – Сумы: Сумский государственный университет, 2015. – 148 с.
5. Изготовление и ремонт объектов котлонадзора [Текст]: справочное издание / П. А. Антикайн, А. К. Зыков, Б. В. Зверьков ; ред. А. А. Тихомиров. - Москва : Металлургия, 1988. - 624 с.
6. Бельчук Г.А., Гатовский К.М., Кох Б.А. Сварка судовых конструкций. – Л.: Судостроение, 1980. – 446 с.
7. Марочник сталей и сплавов [Текст] / Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
8. Лившиц Л.С., Хакимов А.Н. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. - М.: Машиностроение, 1989. - 336 с.
9. Куркин С.А., Ховов В.М., Рыбачук А.М. Технология, механизация и автоматизация производства сварных конструкций: Атлас. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
10. Гитлевич А.Д., Етингоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства. – М.: Машиностроение, 1979. – 280 с.

11. Механізація котельно – заготівельного та складально – зварювального виробництва / Д.Т.Логанов, М.Т. Баранніков, Ю.К. Петропавловський та ін. – М.: Машинобудування, 1989. – 120 с.
12. Ахметов А.Р. Автоматическая сварка корпусов теплообменных аппаратов “Технология судостроения” №1, 1984 – 24-27 с.
13. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005.- 268 с.
14. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. – К.: Екотехнологія, 2007. – 192 с
15. Поровський П. П. Виготовлення захисних двокомпонентних газових сумішей для дугового зварювання / П. П. Поровський, В. В. Лазарюк // Збірник тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 17-18 листопада 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — Том I. — С. 308.
16. Рыков А.М. Расчет и выбор режима дуговой сварки и параметров швов сварных соединений. – Николаев. НКИ, 1980. – 41 с.
17. Сварочное оборудование. Каталог-справочник.4 –Киев: “Наукова думка”, 1983. – 450 с.
18. Ахметов А.Р. Автоматическая сварка корпусов теплообменных аппаратов “Технология судостроения” №1, 1984 – 24-27с.
19. Опір матеріалів / Під ред. акад. АН УССР Пісаренко Г.С. – 5-е вид., перероб. та доп. – К.: Вища шк. Головне вид-во, 1986. – 775 с.
20. Теория сварочных процессов [Текст]/ Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
21. Биковський О.Г. Довідник зварника [Текст] / О.Г.Биковський, І.В. Пінковський. – К.: Техніка, 2002. – 336 с.
22. Палаш В. М. Металознавчі аспекти зварності залізовуглецевих сплавів: Навч. посібник. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. – 236 с.
23. Жидацький В. Ц. Основи охорони праці [Текст] / В. Ц. Жидацький. - Львів: Афіша, 2002. - 320 с.

24. Голінько В.І. Основи охорони праці [Текст]. – Д.: НГУ, 2010. - 271 с.