



МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СОМДиРП  
В.В. Ельцов  
(подпись) (И.О. Фамилия)  
«    » 20 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение бакалаврской работы**

Студент Яценко Александр Вячеславович

1. Тема Разработка технологии сварки обечайки из стали 12X18H10T для изготовления ректификационной колонны
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе базовый техпроцесс сварки, материалы практик, нормативные документы научно-техническая литература, стандарты, интернет-ресурсы
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение. Актуальность работы, цель работы.

1) Выбор путей достижения цели работы, анализ конструкции колонны, свойств стали, условий эксплуатации, базовой технологии сварки обечайки. Анализ перспективных способов сварки, задачи проекта

2) Выбор оборудования для сварки, разработка технологических рекомендаций, разработка технологического процесса, автоматической сварки

3) Мероприятия по защите рабочих и окружающей среды от опасных и вредных факторов

4) Экономический раздел (оценка экономической эффективности предлагаемых в проекте технических решений)

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Общий вид колонны – 1 лист

Базовая технология – 2 листа

Анализ возможных способов автоматизации – 1 лист

Проектная технология – 2 листа

Приспособление – 2 листа

Планировка участка сварки – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность проекта

Безопасность и экологичность проекта

Нормоконтроль

Заказчик (указывается должность, место работы

Ученая степень, ученое звание) \_\_\_\_\_

7. Дата выдачи задания « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Руководитель бакалаврской работы \_\_\_\_\_

(подпись)

В.В. Ельцов

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

(подпись)

А.В. Яценко

(И.О. фамилия)

МИНИСТРЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт Машиностроения  
(наименование института полностью)  
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»  
(наименование кафедры)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СОМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

«    » 20 г.

**КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**  
**выполнения бакалаврской работы**

Студента Яценко Александра Вячеславовича

по теме *Разработка технологии сварки обечайки из стали 12Х18Н10Т для изготовления ректификационной колонны*

| Наименование раздела работы                | Плановый срок выполнения раздела | Фактический срок выполнения раздела | Отметка о выполнении | Подпись руководителя |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------|
| Введение                                   | 13.02.2017                       | 13.02.2017                          | выполнено            |                      |
| Анализ исходных данных и известных решений | 13.02.2017<br>03.03.2017         | 02.03.2017                          | выполнено            |                      |
| Разработка технологии сборки и сварки      | 03.03.2017<br>14.04.2017         | 12.04.2017                          | выполнено            |                      |
| Выбор оборудования                         | 14.04.2017<br>28.04.2017         | 28.04.2017                          | выполнено            |                      |
| Безопасность и экологичность               | 28.04.2017<br>12.05.2017         | 28.04.2017                          | выполнено            |                      |
| Экономическая эффективность                | 12.05.2017<br>26.05.2017         | 26.05.2017                          | выполнено            |                      |
| Графическая часть                          | 26.05.2017<br>30.05.2017         | 30.05.2017                          | выполнено            |                      |

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

В.В. Ельцов

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

А.В. Яценко

(И.О. фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Цель бакалаврской работы – повышение производительности труда и качества при сварке корпуса колонны ректификационной.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: разработан технологический процесс механизированной сварки изделия в защитных газах; подобраны сварочные материалы и режимы сварки; подобрано сварочное оборудование для реализации разработанной технологии; разработаны мероприятия по охране здоровья и жизни производственного персонала; произведена оценка экономической эффективности предложенных мероприятий

Пояснительная записка содержит 60 стр., 5 рисунков, 7 таблиц.

Проанализированы условия эксплуатации колонны ректификационной, базовый технологический процесс изготовления обечаек корпуса колонны. Чтобы устранить недостатки базовой технологии предложена механизированная сварка в среде защитных газов на роликовом вращателе. Подобрано оборудование. Для защиты работников участка сварки от вредных и опасных факторов нового технологического процесса выполнены организационно-технические мероприятия. Проведено экономическое обоснование предложенных решений и рассчитан срок окупаемости капитальных вложений.

Работа состоит из пояснительной записки, в которой 60 страниц, 6 рисунков, 11 таблиц. Графическая часть включает в себя 9 листов формата А 1.

# СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 8  |
| 1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....   | 9  |
| 1.1 Описание конструкции колоны ректификационной и условий эксплуатации.....                          | 9  |
| 1.2 Базовый технологический процесс сборки и сварки.....  | 17 |
| 1.3 Анализ известных технических решений при сварке обечаек.....                                      | 27 |
| 1.5 Анализ возможных вариантов механизации и автоматизации процесса сварки обечаек.....               | 32 |
| 1.6 Задачи работы.....  | 33 |
| 2 Разработка технологии сборки и сварки.....  | 35 |
| 2.1 Подбор режимов и присадочных материалов.....  | 35 |
| 2.3 Технология сборки и сварки.....   | 36 |
| 3 Выбор оборудования.....   | 39 |
| 4 Безопасность и экологичность проекта.....   | 40 |
| 4.1 Характеристика участка сварки.....  | 40 |
| 4.2 Профессиональные риски на участке.....  | 42 |
| 4.3 Методы снижения профессиональных рисков.....  | 43 |
| 4.4 Пожарная и техногенная безопасность объекта.....  | 44 |
| 4.5 Экологическая безопасность объекта.....   | 45 |
| Заключение по разделу.....  | 46 |
| 5 Экономическая эффективность проекта.....  | 47 |
| 5.1 Исходные данные для выполнения расчетов по экономическому обоснованию сравниваемых вариантов..... | 47 |
| 5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....             | 49 |
| 5.3. Капитальные вложения в оборудование.....   | 49 |
| 5.4 Технологическая, цеховая, заводская себестоимость проектного и базового вариантов.....            | 52 |

|   |           |
|---|-----------|
| 5.5 Экономическая эффективность .....         | 56        |
| Выводы по экономическому разделу .....        | 58        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>                       | <b>59</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b> | <b>60</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

Предприятия химической промышленности и их продукция крайне необходимы для нормального функционирования общества на данном этапе его развития. С другой стороны, затянувшийся экономический кризис, конкуренция с зарубежными производителями требует от промышленности, в том числе и от химических предприятий, снижения себестоимости продукции. Себестоимость продукции зависит, в том числе, и от стоимости оборудования, задействованного в процессе ее получения. Поэтому работы, направленные на уменьшение стоимости оборудования химических предприятий, на разработку новых технологических процессов и приемов изготовления оборудования для химических предприятий, являются актуальными.

В частности, действующий технологический процесс изготовления корпуса ректификационной колонны, используемой при синтезе циклогексана разработан достаточно давно и обладает рядом недостатков. Главный недостаток - низкая степень автоматизации и механизации, так как применена технология ручной дуговой сварки. Сварщик манипулирует электродом вручную, производительность труда при этом низкая, качество сварного соединения полностью зависит от субъективных качеств сварщика.

К настоящему времени разработаны и внедрены в производство новые присадочные материалы, передовые технологические приемы новые источники питания сварочной дуги, потребляющие меньше электроэнергии, новое оборудование для механизации и автоматизации процесса сборки и сварки, и т.д. Внедрение современных технологических процессов сварки позволит повысить производительность труда, улучшить условия работы сварщика, повысить качество продукции.

Поэтому, сформулируем цель выпускной квалификационной работы следующим образом - повышение производительности труда и качества при сварке корпуса колонны ректификационной.

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Описание конструкции колонны ректификационной и условий эксплуатации.

Для получения циклогексана и его производных применяют каталитическое гидрирование ароматических углеводородов, в основном бензола. В качестве катализатора гидрирования возможно применение металлических или сульфидных катализаторов. Металлические катализаторы, в основном платина и никель, работают при сравнительно низких давлениях и температурах. При этом достигается практически полное гидрирование бензола в циклогексан. Главный недостаток металлических катализаторов - высокая чувствительность к примесям в бензоле, в частности к тиофену, всегда содержащемуся в коксохимическом бензоле. По указанной причине для ведения процесса гидрирования на данных катализаторах необходимо предварительно очищать бензол.

Сульфидные катализаторы, в основном сульфиды никеля и молибдена, эффективны только на осерненном бензоле давление процесса и температура выше. На данных катализаторах не получается обеспечить полную конверсию бензола в циклогексан; кроме того, имеет место частичная изомеризация циклогексана в метилциклопентан. Бензол, не подверженный гидрированию и метилциклопентан следует отделить от циклогексана, а это значительно усложняет процесс.

Аппаратура, применяемая для гидрирования бензола в циклогексан, должна обеспечивать отвод большого количества тепла – около 630 ккал (1750 КДж) на 1 кг бензола. Традиционно для гидрирования применяют реакторы с непрерывным и ступенчатым отводом тепла. Реакторы первого типа по конструкции напоминают кожухотрубчатые теплообменники. В трубки засыпан катализатор, в межтрубном пространстве циркулирует конденсат. Отвод тепла обеспечивается путем испарения части конденсата с образованием водяного пара. Регулировка процесса реализуется за счет

изменения давления в межтрубном пространстве. Изменение давления изменяет температуру кипения конденсата и, следовательно, количество отводимого тепла. На предприятии применяются реакторы со ступенчатым отводом тепла.

По выходе из реактора продукты реакции поступают в конденсатор и далее в сепаратор, где конденсат (циклогексанон-сырец) отделяется от водорода. Примерный состав циклогексанона-сырца (в%):

Циклогексанон 80-81

Продукты уплотнения 1 - 1,1

Циклогексанол 17--18

Циклогексен 0,5-0,6

Вода 0,2-0,3

Циклогексанон-сырец подвергают ректификации, а водород после очистки используют для гидрирования фенола в циклогексанол.

Колонна ректификации представлена на рисунке 1.1. Корпус колонны ректификации представляет собой цилиндрический вертикальный сосуд.

Толщина корпуса аппарата составляет 25 мм. Выполнены обечайки из листового металлопроката, свальцованного в обечайки, тип сварного шва обечаек С25 по ГОСТ 5264-80.

Классифицируют корпуса химического оборудования согласно физико-химическим процессам, происходящим в них. Корпуса классифицируются по таким признакам как: эксплуатационные параметры, толщины стенок, конструктивные особенности, габариты, материалы, применяемые для изготовления.

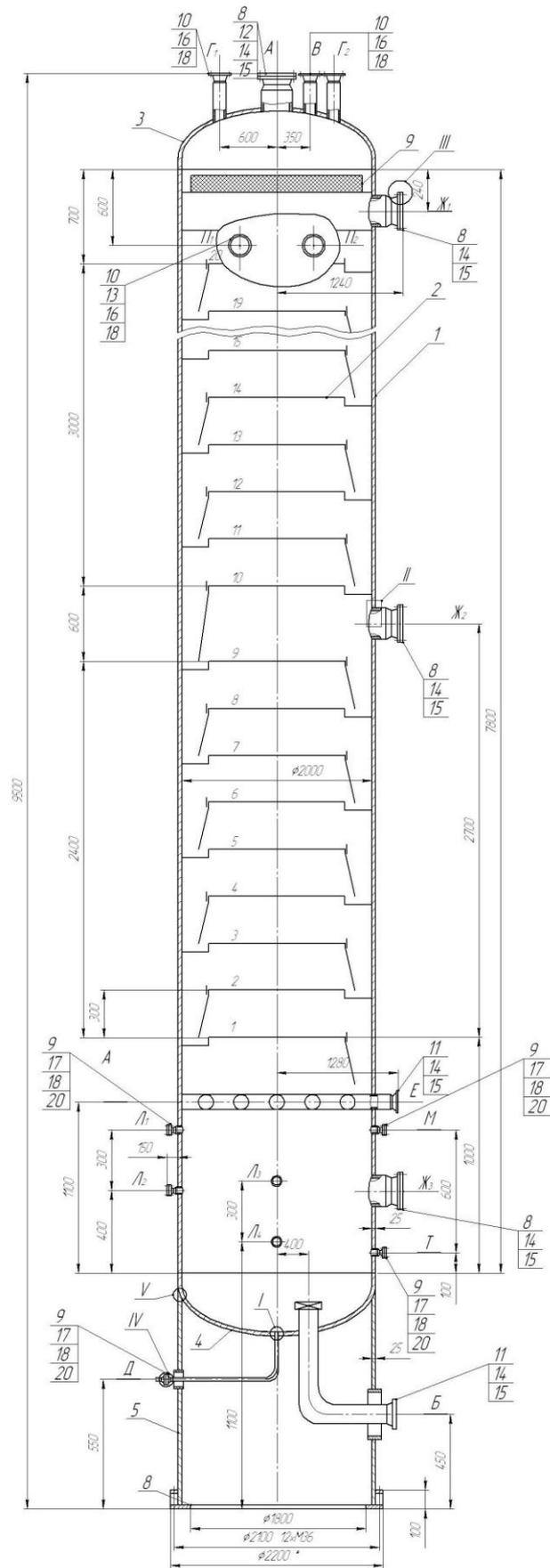


Рисунок 1.1 - Общий вид изделия

К эксплуатационным параметрам относят температуру, рабочее давление и состав рабочей среды. Перечисленные параметры задают главные характеристики элементов корпусов — диаметр, толщину стенки и материал.

Согласно толщине стенки сосуда классифицируются на тонкостенные и толстостенные. Такая классификация предопределяет выбор технологических приемов изготовления. Сосуды со стенкой, не превышающей 36 мм относятся к тонкостенным, выше 36 мм к толстостенным. Для толстостенных сосудов и их элементов, изготовленных из углеродистых сталей, необходима термическая обработка. Все основное оборудование заготовительных производств (ножницы гильотинные, гибочные машины) рассчитывается преимущественно на толщины обрабатываемых листов до 40 мм включительно. Для обработки толщин свыше 40 мм применяют специальные машины. При сварке корпусов сосудов из элементов толщиной свыше 40 мм применяют преимущественно электрошлаковый способ сварки.

В зависимости от эксплуатационных и конструкторских требований корпуса аппаратов химической промышленности, могут быть изготовлены из однослойного листового проката или двухслойного. Однослойные корпуса изготавливают из углеродистых, легированных, высоколегированных сталей. В зависимости от выбранного металла выбирают технологию заготовительных операций, способы и виды подготовки кромок, технологию сборки и сварки, методы контроля и транспортирования готовых аппаратов к месту эксплуатации.

Конструктивные особенности аппаратуры и ее компонентов, повторяемость их в производстве является решающей в определении технологической специализации производств химического машиностроения, совершенствовании уровня технологии.

Технологическая классификация аппаратуры химических предприятий позволяет оптимизировать технологию производства

аппаратуры по критериям стоимости, производительности. Габариты аппаратов химической промышленности существенно влияют на технологию их сборки. Габаритные аппараты отправляют на монтаж в собранном и готовом к эксплуатации виде. Негабаритные - поставляют на монтажные площадки блоками в максимальной заводской готовности и на монтажной площадке их окончательно собирают.

Диаметр цилиндрического корпуса колонны составляет 1000 мм, длина 12000 мм. Толщина корпуса составляет 20 мм, см. рис.1.1. При эксплуатации давление внутри корпуса изменяется от атмосферного до 20 кгс/см<sup>2</sup>. Колебания температуры снаружи от 15 до +30°C.

Следовательно, корпус можно отнести к тонкостенным сосудам. Стенка корпуса однослойная. Поскольку в железнодорожный габарит помещается диаметр 2800 мм, корпус является габаритным.

По условиям эксплуатации листовые конструкции подразделяют на две основные группы. Первая группа - резервуары и листовые конструкции в которых хранят или обрабатывают невзрывоопасные и неядовитые жидкости и газы при давлениях  $p \leq 0,05$  МПа (0,5 атм) и температурах  $T \leq 100^{\circ}\text{C}$ . Данные конструкции изготавливают по общим правилам проектирования и требованиям эксплуатации. Вторая группа - котлы и сосуды, которые работают под высоким давлением. Их эксплуатация и проектирование находятся под специальным наблюдением инспекции Ростехнадзора. Данные конструкции проектируют и изготавливают согласно специальным техническим условиям.

Величина избыточного давления позволяет отнести нашу листовую конструкцию ко второй группе.

В зависимости от характера работы листовые конструкции условно разделяют на три вида:

-конструкции, где листовые элементы работают самостоятельно, непосредственно воспринимают нагрузку;

-конструкции, где листовые элементы работают с балками, совместно воспринимая нагрузку;

-конструкции, где листы являются элементами составных балок и они воспринимают как общую нагрузку, действующую на балку так и местную нагрузку.

Наш корпус относится к первому виду. Корпус непосредственно воспринимает действующие на него действуют статические и знакопеременные нагрузки в процессе эксплуатации.

С учетом агрессивной химической среды, действующей в процессе эксплуатации на корпус аппарата проектировщики заложили в качестве материала сталь 12Х18Н10Т. Это аустенитная сталь. Она предназначена для деталей, работающих при температурах не выше 600 °С. Ее можно применять для изготовления сварного оборудования, работающего в разбавленных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, растворах щелочей и солей. Следует отметить, что при наличии агрессивных сред температура эксплуатации не превышает +350 °С.

Главный элемент хромоникелевой стали, обеспечивающий ее высокую коррозионную стойкость - хром. Наличие хрома в стали в количестве 18% обеспечивает ее способность к пассивации и делает стойкой во многих окислительных средах. Наличие в стали никеля в пределах 9-12% обеспечивает аустенитную структуру, гарантируя, тем самым, высокую технологичность стали в сочетании с высокими эксплуатационными характеристиками. Сталь 12Х18Н10Т также можно использовать в качестве жаростойких, жаропрочных и криогенных материалов.

Для изготовления корпуса применяют листы размером 1500х6000 мм, толщина листов указана выше. Расчетный срок службы корпуса предусмотрен в 25 лет.

Оценим свариваемость материала конструкции. Свариваемость, зависит от многих факторов и является комплексной характеристикой

материалов. Главное определение свариваемости сформулировано в ГОСТ 29273–92 следующим образом: «Металлический материал считается поддающимся сварке до установленной степени при данных процессах и для данной цели, когда сваркой достигается металлическая целостность при соответствующем технологическом процессе, когда свариваемые детали отвечали техническим требованиям как в отношении их собственных качеств, так и в отношении их влияния на конструкцию, которую они образуют».

Хотя свариваемость по разному определяют в научно-технической, учебной и справочной литературе, ориентироваться нужно на вышеуказанную формулировку свариваемости, которое соответствует международному стандарту ИСО 581–80.

Данное определение позволяет сделать вывод, что свариваемость зависит от четырех переменных: материала, техпроцесс, особенности конструкции и назначение конструкции. В зависимости от комбинации этих переменных ГОСТ 29273–92 предусмотрел возможность частного определения свариваемости применительно к каждому конкретному случаю.

Эксплуатационные показатели сварных конструкций регламентированы требованиями нормативно-технической документации. Это может быть отнесен индивидуальный показатель или комплекс показателей. Это зависит от назначения и условий эксплуатации сварной конструкции. В том случае, когда эксплуатационные характеристики находятся в пределах, заданных техническими требованиями, то считается что материал можно соединить сваркой или он обладает свариваемостью. Если нижний предел технических требований не выдержан даже по одному эксплуатационному показателю, то данный материал нельзя соединить сваркой, и он не обладает свариваемостью.

При указанном подходе свариваемость одного и того же материала может быть определена различной в зависимости от того, каково назначение изделия:

- при одних условиях эксплуатации сварное соединение, выполненное одним и тем же способом сварки, может быть признано годным, а для других условий эксплуатации может быть признано негодным для эксплуатации;
- материал который нельзя сварить одним видом сварки, может быть сварен другим видом сварки;
- возможен такой вариант конструкции сварного соединения что невозможно получить сварное соединение, значит материал или способ сварки непригоден.

Свариваемость это качественная характеристика и для разных сталей различна. Стали можно классифицировать по свариваемости на 4 группы:

В первую группу относят стали с хорошей свариваемостью. При сварке таких сталей получается качественное соединение получается при обычных режимах и использовании всех видов сварки без применения подогрева.

Вторая группа - стали с удовлетворительной свариваемостью. У таких сталей получение качественного соединения обусловлено применением узкого диапазона режимов и дополнительных мероприятий, например, подогрев свариваемого изделия.

Третья группа - стали с ограниченной свариваемостью. У таких сталей удовлетворительное качество соединений можно получить очень узком диапазоне режимов и с обязательным подогревом до сварки и после сварки. Кроме того, требуется и последующая после сварки термическая обработка.

Четвертая группа - стали с плохой свариваемостью. При сварке таких сталей или после их сварки даже после применения специальных мероприятий образуются трещины, закалочные структуры и т.д.

Аустенитные стали, к которым относится 12Х18Н10Т успешно сваривают ручной дуговой, механизированной и автоматической сваркой. Сварные соединения этих сталей обладают высокими характеристиками.

Аустенитный металл шва кристаллизуется в сварочной ванне более крупными первичными кристаллами, металл шва, особенно чистоаустенитный, обладает повышенной склонностью к образованию горячих трещин. На характер кристаллизации и соответственно на образование горячих трещин сильно влияет форма сварочной ванны. Особенно сильно это влияние заметно при автоматической сварке. Желательно получать широкую и короткую форму ванны. Это достигается уменьшением скорости сварки. Для предупреждения чрезмерного увеличения первичных кристаллов следует применять небольшие мощности дуги, а для получения короткой ванны — малые скорости сварки. Поэтому толстый металл следует сваривать в несколько слоев. Оптимальный режим автоматической сварки : сила тока — 600 — 800 А, скорость сварки — 12—20 м/ч.

Предпочтительнее понижать напряжение с целью получения более выпуклых валиков, лучше сопротивляющихся образованию горячих трещин.

## 1.2 Базовый технологический процесс сборки и сварки

Выделяют три типа производства: единичное, серийное и массовое.

Для единичного производства характерным является малые объемы выпуска одинаковых изделия, и их повторное изготовление, как правило, не предусмотрено.

Номенклатура выполняемых на рабочих местах операций при единичном производстве весьма разнообразна. Применяется, как правило, универсальное технологическое оборудование, универсальная, унифицированная и стандартная технологическая оснастка. Например струбцины или тиски для закрепления обрабатываемых изделий, стандартные измерительные средства, стандартный инструмент.

Специальная технологическая оснастка может быть применена в

исключительных случаях, если без нее изготовить изделие невозможно. При единичном производстве требуются рабочие высокой квалификации.

Для серийного производства характерным является широкое распространение на предприятиях машиностроительного профиля. Около 80% продукции машиностроения страны производят заводы серийного производства. При серийном производстве продукцию изготавливают сериями и партиями.

Для серийного производства процесс производства деталей проектируют по принципу дифференциации операций. Отдельные операции закрепляют за отдельным рабочим местом. Для производства данного типа характерным является необходимость переналадки оборудования в случае перехода на изготовление другой продукции. Для выполнения технологических операций могут быть применены как универсальные обрабатывающие станки и измерительное оборудование, так и специализированные.

Оборудование располагают по групповому признаку или по потоку (для крупносерийного производства).

В серийном производстве квалификация рабочих, в среднем, ниже, чем в единичном.

Для массового производства характерен большой объем выпуска изделий, производимых непрерывно, причем, на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

При массовом производстве изделия выпускаются большими объемами, непрерывно и продолжительное время. На каждом рабочем месте, как правило, выполняется одна рабочая операция.

Для массового производства применяется высокопроизводительное оборудование: специальные и специализированные станки, полуавтоматы, автоматические линии, специальный инструмент. Для управления технологическими процессами применяют ЭВМ. Для массового производства характерен высокий уровень автоматизации и комплексной механизации. Типичный пример массового производства - изготовление автомобилей,

мотоциклов, шарикоподшипников, швейных машин и пр.

Использование при производстве того или иного изделия тех или иных технологий определяется, в том, числе, и программой их выпуска. Общее количество производимых за год корпусов колонн 100, их вес и габариты позволяет определить тип производства как единичное. Для единичного производства применяют малую механизацию, универсальное оборудование и оснастку. Поэтому в базовой технологии применен роликовый универсальный станд для сборки кольцевых обечаек и сварки. Гибка листов в обечайку осуществляется на универсальной гибочной машине. Сварные швы выполняют технологией ручной дуговой сварки.

Первая операция базового техпроцесса – входной контроль. Нержавеющую сталь (листы, сортовой прокат, трубы, поковки) для резервуаров следует хранить в помещениях или под навесами. При хранении хранения должно быть исключено загрязнение, повреждения и также контакт с другими марками сталей и цветными металлами.

На заготовках и деталях, подлежащих сварке, должна быть маркировка.

Если сопроводительные сертификаты на материалы, предназначенные для изготовления ответственных изделий отсутствуют, следует провести их испытание на заводе-изготовителе изделий перед запуском в производство согласно требований стандартов, технических условий и требованиями к изделию.

При отсутствии в сопроводительных сертификатах на материалы тех показателей характеристик, которые регламентированы нормативными документами и техническими условиями, завод-изготовитель, прежде чем запустить их в производство, должен провести дополнительные испытания свойств материалов.

Если сварочные материалы предназначены для выполнения сварных соединений, к которым предъявлены требования по стойкости к межкристаллитной коррозии, следует испытать на склонность к межкристаллитной коррозии в соответствии с ГОСТ 6032-75.

Сварочные материалы, предназначенные для сварки изделий, температура эксплуатации которых превышает 350°C (кроме изделий, которые изготовлены из стабильноаустенитных сталей), в случае отсутствия указаний в сертификате или паспорте, необходимо контролировать на содержание ферритной фазы в металле шва или наплавленном металле.

Контролируются сварочные материалы. Для корпуса необходимо применять электроды в соответствии с ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10052-75. Перед сваркой электроды необходимо проверить на наличие в каждой поступающей партии сопроводительного документа, в котором должна быть указана следующая информация: название предприятия-поставщика; тип, марка и диаметр электродов; номер партии электродов и дата их изготовления; вес партии электродов; марка стали электродной проволоки; результаты проведенных испытаний; номера стандартов и т.д..

Проверяют наличие ярлыка на каждой пачке и коробке с электродами. Ярлык должен содержать следующую информацию: товарный знак предприятия-изготовителя электродов; тип, марка, диаметр; механические свойства и химический состав наплавленного металла (согласно данным паспорта); специальные технологические свойства электродов.

Каждый ящик, содержащий пачки или коробки со сварочными электродами, необходимо снабдить ярлыком с аналогичными данными.

Хранить и готовить к работе сварочные материалы на предприятии следует в соответствии со специальными требованиями, регламентированными нормативными документами.

Если условия хранения электродов или правильность хранения нарушены, следует провести выборочную проверку электродов.

После операций входного контроля идут заготовительные операции. В перечень заготовительных операций включены правка листов, их наметка, резка в требуемый размер, подготовка кромок, вырезка отверстий, гибка в обечайки.

Правят листы в холодном состоянии за счет местной пластической

деформации до наметки и резки. Правят в базовой технологии многократно пропуская между двумя рядами валков на семивалковых гибочных вальцах. Скорость правки принимается 50-70 мм/сек. Контролируют качество правки листов линейкой. Волнистость не должна превышать 3 мм на 1 погонный метр. Стрела прогиба не должна превышать 1 мм на 1 погонный метр.

Наметка относится к трудоемким операциям. Ее должны выполнять рабочие с разрядом не ниже 5-го. Применяют шаблоны. Техника и приемы разметки заготовок деталей из применяемых в химической промышленности аустенитных сталей марок 12X18H10T, 10X17H13M3T, 08X17H15M3T и др. и двухслойных сталей с коррозионностойким слоем не должны допускать повреждений рабочей поверхности деталей. Применяют мел, чертилку, угольник, рулетку, измерительная линейку, рисунок 1.2.

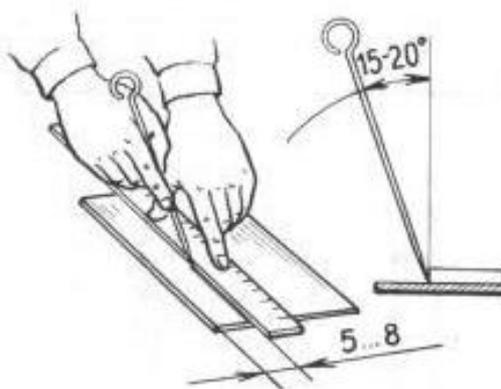


Рисунок 1.2 – Операция наметки

После наметки выполняют резку. Сталь 12X18H10T резать и обрабатывать кромки под сварку следует производить в основном механическими способами.

Прямолинейные резы листов стали 12X18H10T производят на короткой стороне с помощью гильотинных ножниц. Технологические отверстия под люки, штуцера, выполняют воздушно-плазменной резкой. Используется аппарат воздушно-плазменной резки Мультиплаз 15000, рисунок 1.3.

Номинальное выходное напряжение 130 В, ток 100 А, расход воздуха 300 л/мин, давление подаваемого сжатого воздуха 5 атм. В случае термической резки листов из стали 12X18H10T на кромках следует удалить

слой металла на глубину 0,8 мм и более от максимальной неровности (впадины) механическим способом с учетом требований ГОСТ 14792-60.

Готовят кромки обечаек под сварку на кромкострогальном станке. Следует следить, чтобы шероховатость поверхности кромок, соответствовала нормам. Местные уступы, неровности на поверхности кромок, являющиеся препятствием к их соединению устраняют с помощью абразивных кругов или напильника до сборки. Острые углы и резкие переходы недопустимы.



Рисунок 1.3 – Аппарат воздушно-плазменной резки.

После обработки кромок следует проверить:

- соответствие предъявляемым требованиям формы, размеров и качества подготовки кромок.
- зачистку наружной и внутренней поверхности листов;
- соответствие минимальной толщины листов допускам для данного проката (после зачистки поверхностей).

Непосредственно перед сборкой под сварку подготовленные для свар-

ки кромки и прилегающие к ним участки поверхностей деталей зачищают до металлического блеска и обезжиривают. Ширина зачищенных участков, не менее 20 мм с наружной стороны листа и не менее 10 мм с внутренней стороны листа.

Затем выполняется операция гибки заготовок. Гибку производят в холодном состоянии путем вальцовки. Чтобы обеспечить пластические свойства металла вальцовку в холодном состоянии (без нагрева) производят для наших сталей если радиус кривизны более  $25s$ , где  $s$  – толщина листа. Для листов, применяемых при производстве корпуса  $25 \cdot 25 = 150$  мм, в получаем минимальный радиус 2200 мм, условие выполнено. Вальцуют листы на четырехвалковом стане чтобы уменьшить прямой участок кромок листа в месте стыка.

Сборку обечаек под сварку производят на универсальном сборочном приспособлении. Собирают и сваривают обечайки последовательно. Контролируют стыковку кромок на соответствие требованиям ГОСТ 5264-80 к соединению С-25. Зазор контролируют за счет установки зазорников. Сварщик приступает к выполнению сварочных работ только после положительных результатов контроля собранного соединения и контроля качества операции зачистки поверхностей, подлежащих сварке. Затем выполняют прихватки ручной дуговой сваркой. При сборке стыка необходимо предусмотреть возможность свободной усадки металла шва в процессе сварки; не допускается выполнять сборку стыка с натягом.

Следующая операция – прихватка. Используется выпрямитель ВДУ-300 Урал, рисунок 1.4. Следует отметить высокую степень универсальности данного выпрямителя. При весе в 150 кг он обеспечивает возможность ручной дуговой сварки штучными электродами с покрытием, (ММА), механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных инертных или активных газов (MIG/MAG), или сварки с использованием самозащитной порошковой проволоки, ручной сварке плавящимся электродом в среде инертных (TIG) газов.



Рисунок 1.4 – Выпрямитель сварочный ВДУ-300

Прихваточные швы необходимо равномерно располагать по периметру стыка, обеспечивая расстояние между прихватками в пределах 150 – 200 мм, при длине прихватки 20-25 мм. Для выполнения прихваток применяют электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Покрытие у данных электродов основное. Стержень из проволоки 06Х19Н9Т. Прихватки выполняют на постоянном токе обратной полярности при силе тока 50-100 А.

При операционном контроле к качеству прихваток необходимо предъявлять такие же требования, как и к сварному шву. Если при проведении визуального контроля выявлены прихватки с недопустимыми дефектами, их нужно удалить.

Затем при помощи крана мостового выполняют перемещение изделия на участок сварки. На участке сварки обечайку устанавливают на опоры роликовые ОВС-01-Т10. Опоры изготовлены из двух секций, одна из

которых оборудована приводом для обеспечения поворота расположенной на опоре детали, рисунок 1.5. Поскольку данные опоры самонастраивающиеся они выполнены с четырьмя роликами, размещенных на четырех осях.



Рисунок 1.5 – Опоры ОВС-01-Т10.

Поворачивая обечайку с помощью опор роликовых, свариваемые кромки выставляют в положение «зенит». Сварщик зажигает дугу на технологической планке, и выполняет продольный сварной шов обечайки. Для обеспечения доступа сварщика к шву в верхнем положении он находится на эстакаде.

Шов выполняют электродами ОЗЛ-8 диаметром 4 мм. Величина сварочного тока при этом находится в пределах 90-150 А. Напряжение на дуге 37 В.

Обрывают дугу завершая сварку после выхода дуги на

технологическую планку. После заполнения разделки производят провар корня шва. Обечайку с помощью роликового станда кантуют на 180°. Аналогично зажигают дугу на технологических планках, и обрывают после выхода на технологические планки.

По окончании сварки производят зачистку сварного шва, удаляют механическим способом технологические планки.

Контроль выполненного сварного соединения предусмотрен визуальный 100%. Не допустимы трещины, непровары, шлаковые включения, врезание в основной металл в месте удаления технологической планки.

После чего ставят на роликовый станд вторую обечайку и аналогично сваривают продольный шов. Затем обечайки на роликовом станде стыкуют, стягивают, и прихватывают ручной дуговой сваркой. Прихваточные швы необходимо равномерно располагать по периметру стыка, обеспечивая расстояние между прихватками в пределах 150 – 200 мм, при длине прихватки 20-25 мм. Прихватку выполняют электродами ОЗЛ-8. Диаметр электрода 3 мм. Сварка постоянным током обратной полярности, сила тока 50-100 А. Используется выпрямитель ВДУ-300 Урал. При сборке контролируют расстояние между швами продольными, оно не должно быть менее 400 мм. Следующая операция – сварка внешнего подварочного шва. Сила тока 90-150 А. Сварщик находится на эстакаде, а обечайки с помощью роликовых опор вращаются.

Затем выполняют внутренний шов. Режимы сварки как и для продольного шва.

Аналогичным образом производят сварку всех обечаек в корпус.

Сваренный корпус подвергают операционному контролю. Производят зачистку сварных швов. Проводят визуальный контроль сварных швов 100% согласно требований. Для проведения ультразвукового контроля зачищают околошовную зону и выполняют контроль, 20% от общей длины шва, согласно требований. Выявленные при контроле недопустимые дефекты

исправляют.

Готовый корпус, после контрольной операции поступает на дальнейшие операции – приварки патрубков, фланцев и пр.

### 1.3 Анализ известных технических решений при сварке обечаек

Выбирая способ сварки учитывают свариваемость материала, необходимость использования дорогостоящего или уникального оборудования для сборки и сварки, требования к квалификации производственных рабочих, экономические соображения.

С учетом соединяемых толщин не представляется возможным применить контактные виды сварки, хотя данные виды сварки высокопроизводительны.

К газопламенным относят виды обработки, при которых металл греют пламенем от сжигания газа или паров горючих жидкостей в смеси с кислородом. Газовое пламя можно использовать для сварки, пайки, резки металла, наплавки на детали слоев с нужными свойствами, нагрева участков деталей с целью местной термообработки, правки или очистки.

В процессе газопламенной сварки соединяемые кромки деталей греют пламенем газовой горелки до температур, превышающих температуру плавления свариваемого металла. После образования сварочной ванны производят перемещение сварочной горелки по стыку соединяемых деталей, последовательно производя его оплавление. Уже расплавленный металл, при этом, остывает, кристаллизуется и происходит образование сварного шва. Если нужно получить сварной шов с усилением, в пламя вводят присадочный пруток или проволоку. Присадочный металл расплавляется и стекает в сварочную ванну.

Преимущества данного способа сварки следующие: возможность сварки металла малой толщины; технология сварки металлов, для которых необходим предварительный подогрев и замедленное охлаждение сварного

шва значительно упрощается; возможность соединения широкого спектра металлов, в том числе и цветных; простота и дешевизна применяемого оборудования.

Однако, если сравнивать с другими источниками тепла, которые используются для нагрева при сварке плавлением, электрической дугой, например, газовое пламя является менее сосредоточенным источником тепла. Диаметр пятна нагрева от газового пламени в 2,5...3,5 раза превышает диаметр пятна нагрева при использовании сварочной дуги и достигает в некоторых случаях 6...8 см. Поэтому при такой же эффективной тепловой мощности, как у сварочной дуги от газового пламени в свариваемую деталь вводится через единицу площади до 8...12 раз меньшее количество тепла, чем дуги. Следовательно, чтобы разогреть металл газовым пламенем до температуры плавления, нужно больше времени, чем в случае нагрева электрической дугой, нагрев происходит медленнее. Поэтому производительность газопламенной сварки при увеличении толщин свариваемых металлов резко снижается.

При медленном нагреве, характерном для газопламенной сварки, свариваемый металл длительное время пребывает в зоне высоких температур. Это приводит к перегреву металла, и, как следствие, укрупнению зерна. Поэтому механические характеристики сварных соединений сталей (прочность, пластичность, вязкость) после газопламенной сварки ниже, чем после дуговой сварки [2].

Кроме того, большой размер зоны нагрева при сварке газовым пламенем вызывает увеличение деформации деталей, особенно тонколистовых. Это затрудняет выбор конструкций стыка деталей.

Ручная дуговая сварка – наиболее распространена в промышленности, рисунок 1.6. Главное ее достоинство – простота оборудования, простота его эксплуатации, способ мобилен, сварщик обладает возможностью сварки различных сочетаний материалов и сварных швов в различных пространственных положениях.

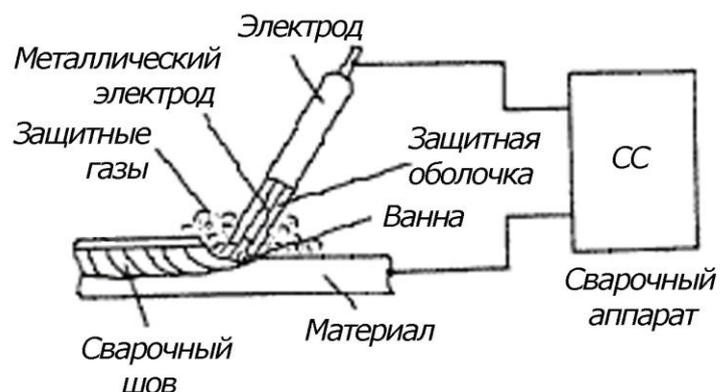


Рисунок 1.6 - Схема ручной дуговой сварки

Главные недостатки - низкая производительность процесса. Дело в том, что при ручной дуговой сварке процесс зажигания дуги, поддержания длины дуги при заполнении разделки свариваемых кромок, перемещения дуги вдоль кромок и подача электрода в зону сварки по мере его расходования производится сварщиком вручную. Поэтому качество сварного соединения существенно зависит от квалификации сварщика: насколько быстро он зажигает дугу, поддерживает необходимую длину дуги, равномерно перемещает ее вдоль кромок. Другой недостаток – расходуется много присадочного материала (электрода), из-за того, что в держателе электрода остается несгоревшая часть электрода. Также сравнительно низкая величина тока сварки не позволяет обеспечить высокую производительность способа.

При автоматической сварке под флюса между соединяемыми деталями и плавящимся электродом возбуждают дугу, перед дугой наносят слой флюса. Тепло дуги плавит некоторую часть флюса. Слой флюса и шлак обеспечивают защиту зоны сварки и остывающего шва от воздуха. При этом неметаллические загрязнения и газы переходят в шлак, и металл рафинируется. За счет того, что шлак облегает плавильное пространство, давление в нем повышается, обжимается дуга и повышается ее эффективный КПД и проплавливающая способность. Данный способ исключает разбрызгивание электродного металла, что позволяет существенно

увеличить сварочный ток, по сравнению с ручной дуговой сваркой. Также при сварке под флюсом малы потери электродного металла, они не более 2...4 %. Поскольку дугу в процессе сварки не видно, сварщику не нужна защитная маска и тяжелая защитная одежда [2].

Однако дуговая сварка под слоем флюсом обладает рядом недостатков. Ее сложно выполнять в пространственных положениях шва, отличных от нижнего, потому что трудно удержать флюс. Также возникают сложности при контроле процесса горения дуги, потому что ее не видно. Флюсовая пыль и пары флюса представляют опасность для здоровья сварщиков. Для технологии сварки под слоем флюса необходимо сложное дорогостоящее оборудование.

Под термином дуговая сварка в защитных газах обозначают многочисленные разновидности данного способа, чья особенность заключается в том, что в процессе сварки вокруг факела дуги создают газовую среду, отличающуюся по своему составу от воздуха, рисунок 1.9. Указанная среда обеспечивает защиту расплавленного металла от вредного влияния воздуха.

Применяемые на практике разновидности дуговой сварки в защитных газах многочисленны. Данный вид сварки может быть классифицирован по вариантам создания газовой защиты, по химическому составу защитного газа, по типу электрода, по роду сварочного тока, по степени механизации процесса.

Для правильного выбора состава защитной среды учитывают химический состав свариваемого металла и его свойства, толщину свариваемых кромок, используемый электрод, а также требования к сварным соединениям. Так, для сварки металлов, обладающих химической активностью используют инертные газы. Смесь инертных активных газов повышает устойчивость дуги, обеспечивает большую глубину проплавления свариваемого металла, уменьшает разбрызгивание металла в случае сварки

плавящимся электродом, увеличивает скорость, а значит производительность сварки.

Из преимуществ сварки в защитных газах можно выделить следующие: высокая мобильность; высокая скорость сварки; сварку можно выполнять во всех пространственных положениях; можно соединять металл в диапазоне толщин - от миллиметра и менее до десятков миллиметров; оборудование сравнительно простое, дешевое и неприхотливое в эксплуатации; важным является экономия присадки за счет отсутствия т.н. огарка электрода.

Главным недостатком при сварке в среде защитных газов является сложное оборудование. Кроме того, длина шланга ограничена, что накладывает некоторые ограничения на подвижность сварщика.

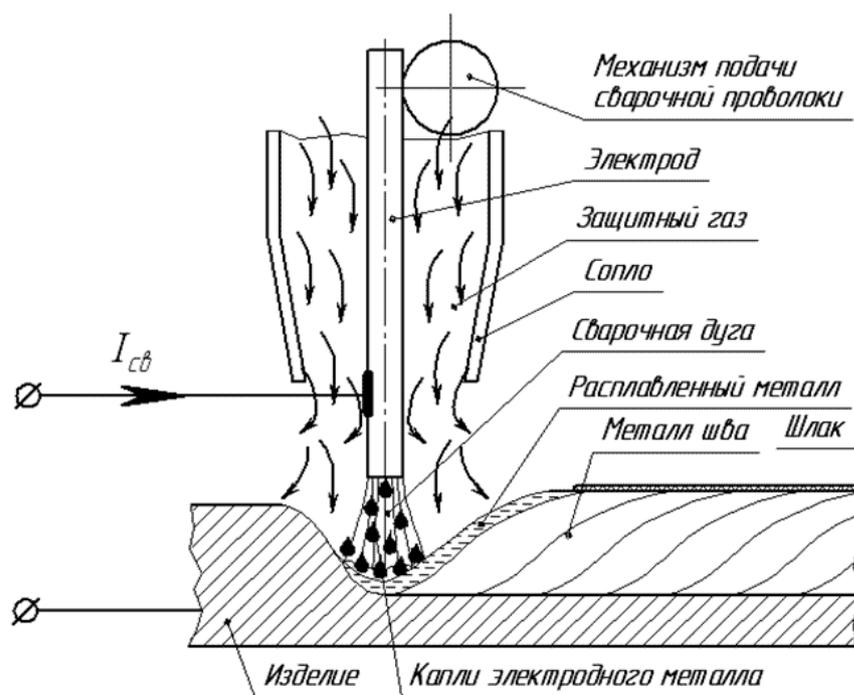


Рисунок 1.9 - Сварка неплавящимся электродом в среде защитного газа

Состав защитной среды следует выбирать учитывая особенности свариваемого металла, толщины кромок, типа электрода, и требований предъявляемых к сварным швам.

## 1.5 Анализ возможных вариантов механизации и автоматизации процесса сварки обечаек

В крупносерийном и массовом производстве применяют высокомеханизованное и автоматизированное оборудование. Наибольшее распространение из средств механизации при массовом производстве получили приспособления, оснащенные разгрузочными устройствами, комбинированные и многоэлектродные сварочные машины, механизированные поддерживающие и передающие приспособления и промышленные роботы [10].

В ряде случаев перечисленные устройства при массовом производстве объединяют в поточные механизированные и автоматические линии. В автоматических линиях на операциях сборки-сварки не участвует человек. Исключение составляют операции предварительной сборки или загрузки деталей в специальные магазины.

При мелкосерийном производстве могут применяться приспособления и промышленные роботы. Могут также применяться гибкие автоматические линии со встроенными роботами.

Для механизированных приспособлений всех типов характерно наличие пневматического или гидравлического привода зажимных устройств. Для съема детали используют выталкиватели, съемники или специальные съемные устройства. Указанные приспособления, как правило, связаны с транспортными системами. Для перемещения свариваемой детали относительно электродов в конструкцию сварочной машины могут быть внесены поддерживающие и перемещающие устройства. Целесообразно придавать этим приспособлениям и функции сборки. Их использование не только облегчает условия труда производственному персоналу но и повышает качество, так как повышает точность расположения сварочных соединений и обеспечивает правильную фиксацию свариваемых деталей относительно электродов сварочной машины [6].

Поворотные столы различных конструктивных исполнений позволяют загружать детали вне зоны выполнения сварочных работ. При этом

улучшаются условия труда и увеличивается производительность сварочного оборудования. Механизм поворота стола, на котором размещена сварочная оснастка с изделиями, является наиболее сложным узлом указанных устройств. Устанавливают подобного рода приспособления на сварочных машинах общего применения.

Широкое распространение для поворотных столов нашли мальтийские механизмы. Работу данных устройств обеспечивает электрический двигатель.

Для комбинированных машин характерно объединение в одном агрегате несколько последовательных, и различных по технологии операций. Результатом этого является исключение промежуточных операций, таких как транспортировка, загрузка, съем деталей после каждой операции. В результате существенно повышается производительность технологического процесса и повышается общая производительность изготовления металлоконструкции [6].

Однако объединение операций существенно усложняет конструкцию оборудования, и это главный недостаток комбинированных машин..

## 1.6 Задачи работы

Цель настоящей работы – Повышение производительности труда и качества при сварке корпуса колонны синтеза циклогексана

Анализ конструкции колонны, условий эксплуатации программы выпуска позволяет рекомендовать для выполнения сварных швов обечаек корпуса сварку в среде защитного газа.

Отсюда логически вытекают следующие задачи бакалаврской работы: разработка технологического процесса механизированной сварки изделия в защитных газах; подбор сварочных материалов и режимов сварки; подбор сварочного оборудования для реализации разработанной технологии;

разработка мероприятий по охране здоровья и жизни производственного персонала; произвести оценку экономической эффективности предложенных мероприятий.

## 2 Разработка технологии сборки и сварки

### 2.1 Подбор режимов и присадочных материалов

Значительную роль на выбор сварочных материалов оказывают условия эксплуатации сварной конструкции, такие как рабочая температура, рабочее давление и т.п. Разные условия эксплуатации диктуют различные требования к свойствам сварного соединения, а, следовательно, и к его химическому составу. Во многих конструкциях значительную роль играет химическая активность рабочей среды, и, следовательно, требования к коррозионной стойкости изделия. Так, например, существенное значение при выборе материала играет наличие требований по стойкости к межкристаллитной коррозии (МКК). При наличии требований по стойкости изделия к межкристаллитной коррозии для сварки применяется один сварочный материал, в то время как при отсутствии требований к МКК используется более дешёвый и менее легированный сварочный материал. Условия эксплуатации будут оказывать влияние и на возможность реализации мероприятий, позволяющих компенсировать или уменьшить негативное влияние сложностей при сварке. Так, например, чтобы избежать образования холодных трещин в высокопрочной стали, и упростить при этом технологию сварки, для малонагруженной сварной конструкции возможно использование аустенитного варианта сварки (т.е. получение аустенитного металла шва), в то время как такой вариант будет совершенно не применим для конструкций, работающих в тяжёлых условиях нагружения, или в условиях возможности развития межкристаллитной коррозии.

Согласно литературным данным выбираем сварочную проволоку Св-06Х19Н9Т, защитный газ аргон.

Набор параметров режима сварки зависит главным образом от выбранного способа сварки.

Режим сварки подбираем исходя из толщины свариваемого металла. Для толщины металла по литературным данным:

- диаметр проволоки – 1,2 мм;
- ток сварочный для прихваток - 190-210 А
- ток сварочный для заполнения разделки 25-27 А.
- напряжение на дуге – 20-25 В
- вылет проволоки – 8-12 мм
- расход газа для прихваток – 8-10 л/мин;
- расход газа при заполнении разделки 10-12 л/мин.

### 2.3 Технология сборки и сварки

Операции входного контроля остаются без изменений по сравнению с базовым вариантом технологического процесса.

Также не изменяются по сравнению с базовым техпроцессом подготовительные операции правки, наметки и т.д..

Сборку конструкции под сварку, как и в базовом технологическом процессе производить с использованием универсального сборочного приспособления. Производить сборку и сварку обечаек последовательно. Контролировать стыковку кромок на соответствие ГОСТ 8713-79 для соединения С-25. В зазор устанавливают зазорники. Сварщик должен приступать к выполнению сварного шва только после контроля собранного стыка и зачистки всех, подлежащих сварке поверхностей. Прихватку производить механизированной сваркой. Прихваточные швы следует равномерно располагать по периметру стыка. Расстояние между прихватками выдерживать 150 – 200 мм, при длине прихватки 115-20 мм. Режимы сварки: напряжение дуги  $U_d=20-25$  В, при силе сварочного тока  $I_{св}=190-210$  А, скорость сварки  $V_{св}= 10-15$  м/час, расход защитного газа  $Q_{зг} = 10-12$  л/мин. Защитный газ - аргон. Источник питания сварочной дуги УДГУ-351АС/DC, полуавтомат ПДГ-302. Сварочную проволоку применять Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм. Сборку стыка проводить так, чтобы была обеспечена возможность свободной усадки металла шва при сварке. Сборка стыка с натягом не допустима.

При визуальном контроле к качеству прихваток необходимо предъявлять такие же требования, как и к сварному шву. Если при контроле выявлены прихватки, с недопустимыми дефектами, их следует удалить механическим способом.

После выполнения прихваток, как и в базовом техпроцессе, следует приварить входные и выходные технологические планки. Затем при помощи крана мостового перемещаем обечайку на участок сварки.

На участке сварки обечайку устанавливают на опоры роликовые ОВС-01-Т10. Поворачивая обечайку с помощью опор роликовых, свариваемые кромки выставляют в положение «зенит». Сварщик зажигает дугу на технологической планке, и выполняет продольный сварной шов обечайки. Для обеспечения доступа сварщика к шву в верхнем положении он находится на эстакаде.

Шов выполняют с помощью источника питания УДГУ-351АС/DC, полуавтомата ПДГ-302 Применяется сварочная проволока Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм. Режимы сварки: напряжение дуги  $U_d=20-25$  В, при силе сварочного тока  $I_{св}=250-270$  А, скорость сварки  $V_{св}= 10-15$  м/час, расход защитного газа  $Q_{зг} = 10-12$  л/мин. Защитный газ - аргон.

Обрывают дугу завершая сварку после выхода дуги на технологическую планку. После заполнения разделки производят провар корня шва. Обечайку с помощью роликового стенда кантуют на  $180^\circ$ . Аналогично зажигают дугу на технологических планках, и обрывают после выхода на технологические планки.

По окончании сварки производят зачистку сварного шва, удаляют механическим способом технологические планки.

Контроль выполненного сварного соединения предусмотрен визуальный 100%. Не допустимы трещины, непровары, шлаковые включения, врезание в основной металл в месте удаления технологической планки.

После чего ставят на роликовый стенд вторую обечайку и аналогично

сваривают продольный шов. Затем обечайки на роликовом стенде стыкуют, стягивают, и прихватывают ручной механизированной сваркой. Прихваточные швы необходимо равномерно располагать по периметру стыка, обеспечивая расстояние между прихватками в пределах 150 – 200 мм, при длине прихватки 20-25 мм.

Режимы сварки: напряжение дуги  $U_d=20-25$  В, ток  $I_{св}=190-210$  А,  $V_{св}= 10-15$  м/час,  $Q_{зг} = 10-12$  л/мин. Защитный газ - аргон. Источник питания УДГУ-351АС/DC, полуавтомат ПДГ-302. Сварочная проволока Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм.

При сборке контролируют расстояние между швами продольными, оно не должно быть менее 400 мм. Следующая операция – сварка внешнего подварочного шва по тем же режимам как и продольного шва. Сварщик так же на эстакаде, а обечайки вращаются с помощью роликовых опор.

После чего выполняют внутренний шов. Режимы сварки как и для продольного шва.

Аналогичным образом производят сварку всех обечаек в корпус.

Сваренный корпус подвергают операционному контролю. Производят зачистку сварных швов. Проводят визуальный контроль сварных швов 100% согласно требований. Для проведения ультразвукового контроля зачищают околошовную зону и выполняют контроль, 20% от общей длины шва, согласно требований. Выявленные при контроле недопустимые дефекты исправляют.

Готовый корпус, после контрольной операции поступает на дальнейшие операции – приварки патрубков, фланцев и пр.

### 3 Выбор оборудования

Производители отечественные и зарубежные предлагают широкий выбор оборудования для сварки в смеси газов.

Проведенный анализ выпускаемого оборудования для питания сварочной дуги позволил остановить выбор на установке сварочной серии УДГУ.

Данная серия универсальна. Она предназначена для:

- ручной дуговой сварки (ММА) разных марок металлов и сплавов плавящимися покрытыми электродами на переменном и постоянном токах;

-аргонно-дуговой сварки алюминия и его сплавов неплавящимися электродами на переменном токе (TIG);

- аргонно-дуговой сварки всех видов металлов и сплавов (кроме алюминия и его сплавов) неплавящимися электродами на постоянном токе при прямой полярности.

Технические характеристики установки УДГУ-315 следующие масса 164 кг, сила тока максимальная 300 А, габариты 318 × 154 × 324 мм.

Общий вид оборудования показан на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 - Установка УДГУ 315

## 4 Безопасность и экологичность проекта.

### 4.1 Характеристика участка сварки.

Тема выпускной работы бакалавра: «Разработка технологии сварки обечайки из стали 12X18Н10Т для изготовления ректификационной колонны».

Проектный технологический процесс сварки планируется к внедрению на производственном участке, рисунок 4.1.

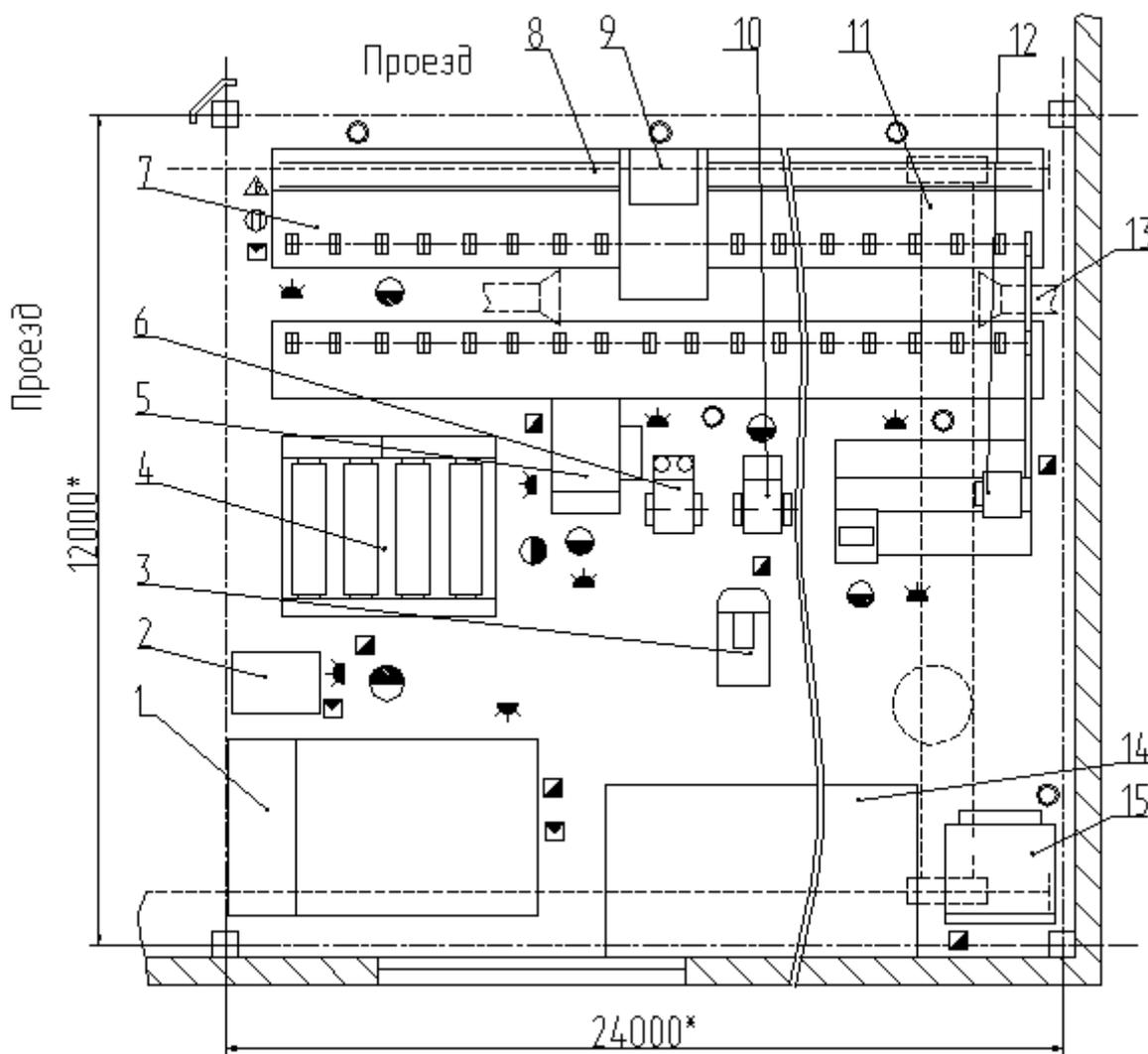


Рисунок 4.1 - Схема планировки участка

На участке находится следующее оборудование, необходимое для выполнения заготовительных и сварочных работ, таблица 4.1.

Таблица 4.1 - Спецификация оборудования, инструментов для  
производственного участка.

| № позиции | Работы, операции   | Оборудование, инструмент.                |
|-----------|--|--|
| 1         | Резка листового металла                                      | Ножницы гильотинные                      |
| 2         | Контроль изделия на наличие дефектов                         | Аппарат для ультразвуковой дефектоскопии |
| 3         | Операция фрезерования.                                       | Станок фрезерный                         |
| 4         | Изгиб листов в обечайку                                      | Стан четыревалковый                      |
| 5         | Вырезка отверстий в обечайках                                | Установка ПУРМ-140                       |
| 6         | Сварка обечаек, прихватка обечаек                            | Полуавтомат ПДГ-302                      |
| 7         | Вращение изделия   | Стенд роликовый                          |
| 8         | Движение балкона сварщика                                    | Рельсовый путь                           |
| 9         | Доступ сварщика при выполнении швов в верхней части обечаек. | Балкон сварщика                          |
| 10        | Сварка обечаек, прихватка обечаек                            | Источник питания УДГУ-351АС/DC,          |
| 11        | Перемещение обечаек  | Кран мостовой                            |
| 12        | Вращение обечаек   | Привод роликового стенда                 |
| 13        | Вентиляция в помещении.                                      | Приточная вентиляция                     |
| 14        | Обработка кромок свариваемого изделия                        | Станок кромкострогальный                 |
| 15        | Сушка электродов   | Электропечь СНОЛ                         |

Оборудование сварочного участка необходимо для проведения заготовительных операций, выполнения сварочных работ, передвижения по участку деталей.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

| № п/п | Технологический процесс | Технологическая операция, вид выполняемых работ  | Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию | Оборудование, устройство, приспособление   | Материалы, вещества   |
|-------|-------------------------|--|--|--|---|
| 1     | Сварка обечаек          | Входной контроль металла, сборка обечаек, сварка | Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,                        | Приспособление сборочное, выпрямитель УДГУ-351, полуавтомат ПДГ-302; ПУРМ-140, кантователь, электропечь СНОЛ | Листы из нержавеющей стали, сварочная проволока, аргон круг абразивный. |

#### 4.2 Профессиональные риски на участке.

Технологию механизированной сварки сопровождают опасности, обусловленные различными причинами. Опасности могут привести человека как к временной так и к полной нетрудоспособности. Все зависит от стечения обстоятельств, от интенсивности воздействия.

При механизированной дуговой сварке можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы: в воздухе у рабочей зоны повышено содержание озона, оксидов азота и аэрозолей, состоящих преимущественно, из оксидов металлов; повышенная температура поверхностей деталей и узлов фермы; повышенное напряжение в электрической цепи; наличие на производственном участке баллонов с углекислым газом [16].

Анализ рисков, обусловленных опасными и вредными производственными факторами проведем в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Идентификация профессиональных рисков.

| №п/п | Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ | Опасный и /или вредный производственный фактор   | Источник опасного и / или вредного производственного фактора   |
|------|---|--|--|
| 1    | Сборка обечаек, сварка обечаек, контроль сварных соединений и геометрии изделия.                      | Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура воздуха рабочей зоны; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенная пульсация светового потока; повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации. | Приспособление сборочное, выпрямитель УДГУ-351, полуавтомат ПДГ-302; ПУРМ-140, кантователь, электропечь СНОЛ, листы из нержавеющей стали, сварочная проволока, аргон круг абразивный |

### 4.3 Методы снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов на рабочих (уже реализованные и предлагаемые для реализации в рамках дипломного проекта).

| № п/п | Опасный и / или вредный производственный фактор   | Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора | Средства индивидуальной защиты работника |
|-------|---|--|--|
| 1     | движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; | Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения.   |  |
| 2     | повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;  | вентиляция   | респираторы                              |
| 3     | повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;   |  | Спецодежда, перчатки                     |
| 4     | повышенная температура воздуха рабочей зоны;  | вентиляция   |  |
| 5     | повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;                   | Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.   |  |
| 6     | повышенная пульсация светового потока;  | Экранирование места сварки щитами,   | маска сварщика                           |
| 7     | повышенный уровень ультрафиолетовой радиации; повышенный уровень инфракрасной радиации;                                       | Экранирование места сварки щитами,   | Спецодежда, маска сварщика               |
| 8     | острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;                               |  | Перчатки, спецодежда.                    |

Инструктаж по технике безопасности и обучение, первичный инструктаж на рабочем месте, ежеквартальный инструктаж являются общими для всех вредных факторов. Их в таблицу не включаем.

#### 4.4 Пожарная и техногенная безопасность объекта.

Пожаром называется неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества, государства [16] .

На участке сварки обечаек не исключена вероятность возникновения пожара. Основные классы пожара на участке и сопутствующие пожару опасные факторы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

| № п/п | Участок, подразделение | Оборудование   | Класс пожара     | Опасные факторы пожара   | Сопутствующие проявления факторов пожара  |
|-------|------------------------|--|------------------|--|---|
| 1     | Сварки обечаек         | Приспособление сборочное, выпрямитель УДГУ-351, полуавтомат ПДГ-302; ПУРМ-140, кантователь, электропечь СНОЛ | Пожар класса (Е) | Пламя и искры; тепловой поток; высокая температура окружающей среды. | вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок. |

Таблица 4.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

| Первичные средства пожаротушения         | Мобильные средства пожаротушения | Стационарные установки системы пожаротушения | Средства пожарной автоматики | Пожарное оборудование                   | Пожарный инструмент (механизированный и) | Пожарные сигнализация, связь и оповещение.                         |
|--|----------------------------------|--|------------------------------|---|--|--|
| Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1 | Пожарные автомобили (вызываются) | Не применяются                               | Не применяются               | Краны пожарные напорные пожарные рукава | Лопата, багор, топор                     | Телефон в помещении и начальник участка, кнопка извещения о пожаре |

#### 4.5 Экологическая безопасность объекта

Таблица 4.6 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

| Наименование технического объекта                | Сварка  |
|--|---|
| Мероприятия по снижению воздействия на атмосферу | Установить в систему вентиляции участка фильтры, которые улавливают частицы сажи          |
| Мероприятия по снижению воздействия на литосферу | Установка контейнеров, для селективного сбора бытового мусора и производственных отходов, |

#### Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела бакалаврской работы были выявлены опасные и вредные производственные факторы при механизированной сварке проволокой сплошного сечения обечаек.

Выполнен анализ возможности их минимизации показал, что стандартные средства обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечат безопасность работников сварочного участка и окружающей среды при реализации предложенных в бакалаврской работе технических решений.

Разрабатывать специальные и дополнительные средства защиты не нужно.

## 5 Экономическая эффективность проекта

Базовый вариант сварки корпуса из обечаек предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами. Разработан проектный вариант который предусматривает применение ручной механизированной сварки в среде аргона проволокой Св-06Х19Н9Т диаметром 1,2 мм.

Характеристика сравниваемых вариантов представлена в таблице 5.1. В данной таблице указаны недостатки базового варианта, и как планируется устранить их в проектном.

Таблица 5.1 – Сравнительная характеристика вариантов

| Базовый вариант  | Проектный вариант  |
|--|--|
| Производительность сварки низкая   | При механизированной сварке сила тока больше производительность выше.  |
| Высокий расход электродов  | Применяется проволока, огарков нет, расход присадочного материала сокращается.   |
| Сварщик контролирует длину дуги, подачу присадки материала, требуется квалифицированный рабочий. | Подача присадочного материала механизирована, сварку успешно выполнит рабочий меньшего разряда, за счет чего экономим фонд оплаты труда. |

### 5.1 Исходные данные для выполнения расчетов по экономическому обоснованию сравниваемых вариантов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные для экономического расчета

| №<br>п/п | Показатель  | Ед.<br>изм.         | Усл.<br>Обозн. | Варианты |          |
|----------|---|---------------------|----------------|----------|----------|
|          |   |                     |                | Проект   | Баз.     |
| 1        | 2   | 3                   | 4              | 5        | 6        |
| 1        | Цена присадки: электроды<br>ОЗЛ-8;<br>Проволока Св-06Х19Н9Т     | Руб/кг              | Цэл            | -<br>700 | 540<br>- |
| 2        | Коэффициент транспортно-<br>заготовительных расходов            | -                   | Ктз            | 1,05     | 1,05     |
| 3        | Часовая тарифная ставка   | Руб/час             | Сч             | 53,16    | 74,89    |
| 4        | Коэффициент доплат к<br>основной заработной плате               | -                   | Кд             | 1,81     | 1,81     |
| 5        | Коэффициент отчислений на<br>дополнительную заработную<br>плату | %                   | -              | 10       | 10       |
| 6        | коэффициент отчислений на<br>социальные нужды                   | %                   | Ксн            | 30       | 30       |
| 7        | Стоимость оборудования  | Руб                 | Цоб            | 50000    | 26000    |
| 8        | Амортизационные<br>отчисления на оборудование                   | %                   | На             | 18       | 18       |
| 9        | Мощность установки  | кВт                 | Му             | 5,8      | 4,9      |
| 10       | Коэффициент полезного<br>действия установки                     | -                   | КПД            | 0,85     | 0,7      |
| 11       | Стоимость электроэнергии  | Руб/кВт             | Цээ            | 2,5      | 2,5      |
| 12       | Расход защитного газа   | М <sup>3</sup> /час | Узг            | 50       | -        |
| 13       | Стоимость защитного газа  | Руб/м <sup>3</sup>  | Цзг            | 50       | -        |
| 14       | Стоимость аренды площади  | Руб/м <sup>2</sup>  | Сэкспл         | 1800     | 1800     |
| 15       | Цеховые расходы   | -                   | кцех           | 2,50     | 2,50     |
| 16       | Площадь занимаемая<br>оборудованием                             | М <sup>2</sup>      | S              | 32       | 28       |
| 17       | Амортизационные<br>отчисления на площадь                        | %                   | Напл           | 5        | 5        |
| 18       | Стоимость приобретения<br>производственных площадей             | Руб/м <sup>2</sup>  | Цпл            | 3000     | 3000     |
| 18       | Коэффициент затрат на<br>монтаж (демонтаж<br>оборудования)      | -                   | Кмонт          | 1,2      | 1,2      |

Продолжение таблицы 5.2

| 1  | 2   | 3  | 4    | 5    | 6    |
|----|---|----|------|------|------|
| 19 | Коэффициент заводских расходов  | -  | кзав | 1,8  | 1,8  |
| 21 | Нормативный коэффициент экономической эффективности дополнительных капитальных вложений | -  | Ен   | 0,33 | 0,33 |
| 22 | Годовая программа   | Шт | Нпр  | 100  | 100  |

### 5.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Расчет норм времени будем производить на изменяющиеся операции технологического процесса по базовому и проектному варианту.

Время штучное

$$t_{шт} = t_0 + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з} \quad (5.1)$$

где  $t_0$  – машинное время;

$t_{всп}$  – вспомогательное время,  $t_{всп}=10\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{обсл}$  – время обслуживания оборудования и рабочего места,  $t_{обсл} = 8\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{отл}$  – время на личный отдых рабочего,  $t_{отл} = 5\%$  от  $t_{маш}$ ;

$t_{п-з}$  - время подготовительно-заключительное,  $t_{п-з} = 1\%$  от  $t_{маш}$ .

Для базового и проектного варианта машинное время принимаем из технологических карт:  $t_{об}=12,41$  час;  $t_{опр}=4,4$  час.

$$t_{штб} = 12,41 + 12,41 \cdot 0,1 + 12,41 \cdot 0,08 + 12,41 \cdot 0,05 + 12,41 \cdot 0,01 = 15,38 \text{ час}$$

$$t_{штпр} = 4,4 + 4,4 \cdot 0,1 + 4,4 \cdot 0,08 + 4,4 \cdot 0,05 + 4,4 \cdot 0,01 = 5,456 \text{ час.}$$

### 5.3. Капитальные вложения в оборудование

$$K_{общ} = K_{нр} + K_{сop} \quad (5.3)$$

где:  $K_{нр}$  – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;

$K_{con}$  – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{np} = \Sigma C_{об} * k_3 \quad (5.4)$$

где  $\Sigma C_{об}$  – суммарная цена оборудования, руб.;

$k_3$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{np} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.5)$$

где:  $N_{np}$  – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$  – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

$\Phi_{эф}$  – эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения принятой  $N_{np}$  принимаем целое число единиц оборудования ( $n_{об.прин}$ ).

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.6)$$

Фонд времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{np}) * T_{см} * S * (1 - k_{p.n}) \quad (5.7)$$

где:  $D_k$  – количество календарных дней в году;

$D_{вых}$  – количество выходных дней в году;

$D_{np}$  – количество праздничных дней в году;

$T_{см}$  – продолжительность рабочей смены, час;

$S$  – количество рабочих смен;

$k_{p.n}$  – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{\text{эф.}} = (365 - 110 - 14) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{100 * 922,8}{1812 * 60} = 0,84 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{100 * 327}{1812 * 60} = 0,3 \text{ шт}$$

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,03}{1} = 0,03$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,012}{1} = 0,012$$

$$K_{\text{прб}} = 26000 * 0,84 = 21840 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 50000 * 0,3 = 15000 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения, считаются для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.8)$$

$K_{\text{монт}}$  – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{\text{дем}}$  – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{\text{площ}}$  – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = \sum C_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.9)$$

где:  $k_{\text{монт}}$  – коэффициент монтажа.

$$K_{\text{монт}} = 50000 * 0,2 = 10000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \sum C_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.10)$$

где:  $k_{\text{дем}}$  – коэффициент демонтажа.

$$K_{дем} = 26000 * 0,2 = 5200 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем:

$$K_{плоч} = S_{плоч} * Ц_{плоч} * g * k_3 \quad (5.13)$$

где:  $g$  – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{плоч} = 3 * 3000 * 3 * 0,012 = 342 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩ}^{БАЗ} = K_{пр} = 21840 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩ}^{ПР} = 15000 + 10000 + 5200 + 324 = 30524 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (5.14)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 21840/100 = 218,40 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 30524/100 = 305,24 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Технологическая, цеховая, заводская себестоимость проектного и базового вариантов.

Технологическую себестоимость считаем только по изменяющимся операциям техпроцесса - сварки.

Затраты на вспомогательные материалы

Базовый вариант - затраты на электродный сварочный материал

$$З_{элб} = M_{ЭЛБ} = Ц_{ЭЛ} \cdot Н_{св.мат}; \quad (5.15)$$

где  $Ц_{ЭЛ}$  – цена электродов, руб/кг;

$Н_{св.мат}$  = норма расхода электродов, кг.

Норму расхода электродов принимаем из технологической карты:  $Н_{св.мат.б} = 7,839 \text{ кг}$

$$З_{элб} = 540 * 7,839 = 4233,06 \text{ руб}$$

Затраты на электродную проволоку (проектный вариант)

$$З_{элпр} = Ц_{ЭЛ} \cdot Н_{свмат}; \quad (5.16)$$

где  $Ц_{ЭЛ}$  – цена электродной проволоки, руб/кг;

Нсвмат = норма расхода электродной проволоки, кг.

Норму расхода проволоки принимаем из технологической карты:

$$\text{Нсвмат.пр} = 6,32 \text{ кг.} \quad (5.17)$$

$$\text{Зэлпр} = 700 \cdot 6,32 = 4424 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ (только для проектного варианта)

$$\text{З}_{\text{з.г.}} = \text{Ц}_{\text{з.г.}} \cdot \text{Н}_{\text{з.г.}} \quad (5.18)$$

где  $\text{Ц}_{\text{з.г.}}$  – цена защитного газа, руб/литр;

$\text{Н}_{\text{з.г.}}$  – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем из технологической карты:

$$\text{Нр}_{\text{з.г.}} = 979 \text{ литров.} \quad (5.24)$$

$$\text{З}_{\text{з.г.}} = 0,05 \cdot 979 = 48,95 \text{ руб.}$$

Расходы на материалы в проектном варианте

$$\text{Мпр} = \text{Мэлпр} + \text{Ззг} = 224,48 + 48,95 = 273,43 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию:

$$\text{З}_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot \text{Ц}_{\text{э-э}} \quad (5.26)$$

$$\text{где } P_{\text{об}} = I_{\text{св}} \times U_{\text{д}} \text{ – мощность оборудования кВт;} \quad (5.27)$$

$t_0$  – машинное время работы сварочного оборудования;

$\eta$  – коэффициент полезного действия;

$I_{\text{св}}$  – сила сварочного тока, А;

$U_{\text{д}}$  – напряжение на дуге, В.

$$P_{\text{об.б}} = 150 \cdot 26 = 3900 \text{ Вт} = 3,9 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{об.пр}} = 200 \cdot 27 = 5400 \text{ Вт} = 5,4 \text{ кВт.}$$

$$\text{З}_{\text{э-э б}} = \frac{4,9 \cdot 12,41}{0,8 \cdot 60} \cdot 2,5 = 190,02 \text{ руб.}$$

$$\text{З}_{\text{э-э пр}} = \frac{5,8 \cdot 4,4}{0,8 \cdot 60} \cdot 2,5 = 79,75 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, приспособлений,

инструмента и производственных площадей.

#### Амортизация оборудования

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot t_{шт} \cdot N_a}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (5.28)$$

где  $C_{об}$  – стоимость сварочного оборудования, руб;

$N_a$  – амортизационные отчисления на оборудование, %;

$t_{шт}$  – штучное время.

Базовый

$$A_{обб} = \frac{26000 \cdot 15,38 \cdot 18 \cdot 1}{1827 \cdot 100} = 10,87 \text{руб}$$

Проектный

$$A_{обпр} = \frac{50000 \cdot 5,456 \cdot 18 \cdot 1}{1827 \cdot 100} = 22,57 \text{руб}$$

Расходы на текущий ремонт оборудования:

$$P_{т.р.} = \frac{\sum C_{об.} \cdot N_{т.р.} \cdot k_3}{100 \cdot \Phi_{эф}} \quad (5.29)$$

где  $N_{т.р.}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, 35%.

$$P_{т.р.б} = \frac{6000 \cdot 35 \cdot 0,84}{100 \cdot 1827} = 1,07 \text{руб.}$$

$$P_{т.р.б} = \frac{60000 \cdot 35 \cdot 0,3}{100 \cdot 1827} = 1,93 \text{руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию производственных площадей

Амортизация производственных площадей.

$$Z_{пл} = \frac{C_{пл} \cdot S_{пл} \cdot t_{шт} \cdot N_{пл}}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (5.30)$$

где  $C_{пл}$  – цена 1 м<sup>2</sup> производственных площадей;

$S$  – площадь, необходимая для выпуска изделий, м<sup>2</sup>;

$N_{пл}$  – амортизационные отчисления на площади, %.

Базовый

$$Z_{плб} = \frac{3000 \cdot 28 \cdot 15,38 \cdot 2}{1827 \cdot 100} = 14,14 \text{руб}$$

Проектный

$$Z_{\text{плщпр}} = \frac{3000 \cdot 32 \cdot 5,456 \cdot 2}{1827 \cdot 100} = 5,73 \text{руб.}$$

Затраты на заработную плату и отчисления на социальные нужды.

Основная заработная плата.

$$ЗП_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.31)$$

где  $C_{\text{ч}}$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{\text{шт}}$  – норма штучного времени, час.

$k_{\text{зпл}} = 1,81$ .

$$ЗП_{\text{оснб}} = 15,38 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 2165,39 \text{руб.}$$

$$ЗП_{\text{оснпр}} = 5,456 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 545,27 \text{руб.}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

$$ЗП_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot ЗП_{\text{осн}} \quad (5.32)$$

где  $k_{\text{д}}$  – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой.

Базовый

$$ЗП_{\text{допб}} = 2165,39 \cdot 10 / 100 = 216,54 \text{руб.}$$

Проектный

$$ЗП_{\text{доппр}} = 545,27 \cdot 10 / 100 = 54,53 \text{руб.}$$

Фонд заработной платы

$$\Phi ЗП = ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}} \quad (5.33)$$

Базовый

$$\Phi ЗП_{\text{б}} = 2165,39 + 216,54 = 2425,23 \text{руб.}$$

Проектный

$$\Phi ЗП_{\text{пр}} = 545,27 + 54,53 = 610,70 \text{руб.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$O_{\text{сн}} = \Phi ЗП \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (5.34)$$

где  $N_{\text{соц}}$  – коэффициент отчислений на социальные нужды, %.

Базовый

$$O_{\text{снб}} = 2425,23 \cdot 30 / 100 = 873,08 \text{руб.}$$

Проектный

$$\text{Оснпр} = 610,70 \cdot 30 / 100 = 219,85 \text{ руб.}$$

Технологическую себестоимость рассчитаем как сумму всех расходов:

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3\text{М} + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \text{ФЗП} + \text{О}_{\text{СН}} \quad (5.35)$$

Цеховую себестоимость рассчитаем по формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.36)$$

где  $P_{\text{ЦЕХ}}$  – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.37)$$

где  $k_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

$3_{\text{ОСН}}$  – основная заработная плата рабочих, руб.

Заводскую себестоимость рассчитаем по формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (5.38)$$

где  $P_{\text{ЗАВ}}$  – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

Результаты расчета себестоимости отражены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости

| №<br>п/п | Статьи затрат                 | Усл. Обозн | Калькуляция, руб |          |
|----------|-------------------------------|------------|------------------|----------|
|          |                               |            | Баз.             | Проектн. |
| 1        | Материалы                     | М          | 188,13           | 273,43   |
| 2        | Зарботная плата               | ФЗП        | 2425,23          | 610,70   |
| 3        | Социальные нужды              | Осн        | 873,08           | 219,85   |
| 4        | Оборудование                  | Зоб        | 10,87            | 22,57    |
| 5        | Площади                       | Зпл        | 14,14            | 5,73     |
|          | Себестоимость технологическая | Стех       | 3702,54          | 1213,96  |
| 6        | Цеховые расходы               |            | 5413,47          | 1363,17  |
|          | Себестоимость цеховая         | Сцех       | 9116,02          | 2577,13  |
| 7        | Заводские расходы             |            | 4655,58          | 1172,33  |
|          | Себестоимость заводская       | Сзав       | 13771,60         | 3749,46  |

### 5.5 Экономическая эффективность

Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления изделия

$$Pr_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{нр}} \right) \cdot N_{\text{нр}} \quad (5.43)$$

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (13771,60 - 3749,46) \cdot 100 = 1002214 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект:

$$\text{ЭГ} = [(C_{ЗАБ}^B + E_H \cdot K_{УД}^B) - (C_{ЗАБ}^{ПП} + E_H \cdot K_{УД}^{ПП})] \cdot N_{Пр} \quad (5.44)$$

$$\text{ЭГ} = [(13771,60 + 0,33 \cdot 218,40) - (3749,46 + 0,33 \cdot 305,24)] \cdot 100 = 927358 \text{ руб.}$$

Снижение трудоемкости

$$\Delta t_{ШП} = \frac{t_{ШПБ} - t_{ШППР}}{t_{ШПБ}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

$$\Delta t_{ШП} = \frac{15,38 - 5,45}{15,38} \cdot 100\% = 64\%$$

Повышение производительности труда

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{ШП}}{100 - \Delta t_{ШП}} \quad (5.46)$$

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 64}{100 - 64} = 177\%$$

Изменение заводской себестоимости

$$\Delta C_{ЗАБ} = \frac{C_{ЗАБ}^{БАЗ} - C_{ЗАБ}^{ПП}}{C_{ЗАБ}^{БАЗ}} \cdot 100\% \quad (5.47)$$

$$\Delta C_{ЗАБ} = \frac{13771,60 - 3749,46}{13771,60} \cdot 100\% = 72\%$$

Окупаемость капитальных вложений

$$T_{ОК} = \frac{K_{общпр}}{\text{Э}_{УГ}} \quad (5.48)$$

$$T_{ОК} = \frac{30524}{1002214} \approx 0,5 \text{ года}$$

Сравнительная экономическая эффективность

$$E_{СР} = \frac{1}{T_{ОК}} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (5.49)$$

### Выводы по экономическому разделу

По сравнению с базовым вариантом трудоемкость в проектном варианте снизилась на 64%. Производительность труда повысилась на 177%.

Для осуществления проекта требуются капитальные вложения в размере 30524 руб. Срок их окупаемости около 0,5 года. За счет внедрения более производительного оборудования предполагается получить годовой экономический эффект в размере 927358 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ базового технологического процесса сварки обечаек корпуса ректификационной колонны показал, что присущие ему недостатки обусловлены низким уровнем механизации процесса сварки.

Разработана технология механизированной сварки, выбрана присадочная проволока и оборудование.

Применение механизированной сварки проволокой сплошного по предложенной технологии позволяет повысить производительность труда, снизить затраты на основные и вспомогательные материалы.

Предполагается получить годовой экономический эффект в размере 927358 руб. Цель бакалаврской работы достигнута

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с..
3. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
4. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
5. Справочник конструктора и технолога / сост. В. М. Михин, Б. Е. Кобызов, В. В. Михайленко. - Королев : ЦНИИМАШ, 2000. - 582 с.
6. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
7. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
8. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
9. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
10. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.

11. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
12. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
13. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
14. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
15. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
16. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
17. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
18. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
19. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
20. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
21. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
22. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.

23. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
24. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
25. Пейсахов А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.