



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 Гизатуллин Иван Зубаирович

1. Тема Сварка емкостей химической промышленности
2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы \_\_\_\_\_
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе чертежи изделия, базовая технология сварки, материалы собранные на преддипломной практике, патентная и научно-техническая литература, нормативные документы, интернет-ресурсы
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение. Обоснование актуальности работы, формулировка цели.

1) Анализ путей достижения цели проекта (анализ конструктивных особенностей изделия, свойств материала, условий работы, базового процесса сварки. Анализ альтернативных способов сварки, формулировка задач проекта)

2) Исполнительский блок (исследования и разработка технологических рекомендаций, разработка проектного технологического процесса, проектирование оснастки и выбор необходимого оборудования)

3) Безопасность жизнедеятельности (разработка мероприятий по защите производственного персонала 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 изделия – 2 листа

Базовый техпроцесс – 2 листа

Анализ возможных решений – 1 лист

Проектный технологический процесс – 2 листа

Планировка участка – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность

Безопасность и экологичность

Нормоконтроль

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

Заказчик (указывается должность, место работы) \_\_\_\_\_

Руководитель дипломного проекта \_\_\_\_\_

(подпись)

А.Л. Федоров

(И.О. фамилия)

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

(подпись)

И.З. Гизатуллин

(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 Гизатуллина Ивана Зубаировича

по теме *Сварка емкостей химической промышленности*

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	01.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнен	
Анализ исходных данных и известных технических решений	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнен	
Разработка технологии выбор сварочных материалов	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнен	
Выбор оборудования	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнен	
Безопасность и экологичность	01.05.17 – 14.05.17	14.05.17	выполнен	
Экономическая эффективность	15.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнен	

Руководитель бакалаврской работы

\_\_\_\_\_ (подпись)

А.Л. Федоров

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_ (подпись)

И.З. Гизатуллин

(И.О. фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Цель выпускной работы бакалавра: Повышение производительности при сварке листовых конструкций химической промышленности.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

Подобраны режимы сварки под слоем флюса;

Разработан технологический процесс сборки и сварки листовых металлоконструкций автоматической сваркой;

Подобрано сварочное оборудование для автоматической сварки;

Разработаны мероприятия по охране здоровья и жизни рабочих производственного участка;

Рассчитана экономическая эффективность от внедрения предложенных технических мероприятий.

Затраты на обслуживание и ремонт узлов и оборудования химических предприятий включаются в себестоимость продукции, поэтому актуальным является внедрение новых технологических решений, снижающих трудоемкость. В химической промышленности применяется широкая номенклатура различных емкостей, в качестве примера рассмотрен корпус газоотделителя.

В данной работе предлагается заменить технологический процесс механизированной сварки в среде углекислого газа на автоматическую под слоем флюса. Выбран тип соединения для измененного способа сварки, подобраны присадочные материалы. Для автоматизации процесса сварки подобрано оборудование ЕСАБ, дорогостоящее, но производительное и удобное в эксплуатации.

Работа состоит из пояснительной записки, в которой 69 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 .....	10
1.1 Характеристика газоотделителя .....	10
1.2 Анализ базовой технологии производства корпусов резервуаров химической промышленности .....	15
1.3 Анализ возможных способов сварки для производства резервуаров химической промышленности .....	24
1.4. Задачи бакалаврской работы.....	30
2 Разработка технологии, выбор сварочных материалов для сварки листовых конструкций .....	32
2.1 Выбор вспомогательных материалов и типа соединения.....	32
2.2 Разработка технологического процесса сварки .....	35
3 Выбор оборудования.....	40
4 Безопасность и экологичность проекта. ....	46
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта. .....	46
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	47
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	48
4.4 Пожарная и техногенная безопасность рассматриваемого технического объекта.....	50
4.5 Экологическая безопасность участка сварки стыков.....	52
Заключение по разделу .....	52
5 Экономическая эффективность .....	54
5.1 Исходные данные для экономического обоснования .....	55
сравниваемых вариантов .....	55
5.2 Расчет норм штучного времени на изменившиеся операции технологического процесса.....	56
5.3. Расчет капитальных вложений в оборудование.....	58

5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов. ....	61
5.5 Цеховая себестоимость.....	65
5.6 Заводская себестоимость.....	65
5.7 Экономическая эффективность проекта.....	66
Выводы по разделу.....	67
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	<b>68</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	<b>69</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Технологическое оборудование химических и нефтехимических предприятий можно разделить на 5 групп. Машинное оборудование, реакторы - в которых проходят химические процессы, колонны - в которых проходят массообменные процессы, емкости, теплообменники [1]. Основу реакторов, колонн и емкостей составляют листовые конструкции.

Листовые металлоконструкции нашли широкое применения для хранения и технологической переработки химических продуктов, минеральных удобрений, сжиженных газов, пульпы руды, угля и других продуктов в жидком и полужидком виде.

В химической и нефтеперерабатывающей промышленности листовые металлоконструкции работают в тяжелых условиях - при высоких давлениях и температуре, под воздействием взрывоопасных и агрессивных сред. Следовательно, к качеству материалов, применяемых для изготовления листовых металлоконструкций предъявляют повышенные требования.

Поэтому в химической промышленности в качестве конструкционного материала применяют нержавеющие стали, в том числе и для изготовления резервуаров. При этом в качестве основной технологии соединения применяют сварку. При сварке нержавеющей стали, как и низколегированной, низкоуглеродистой, могут применяться различные способы дуговой сварки, такие как ручная дуговая сварка, аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, механизированная сварка в защитной газовой среде. Однако свойства нержавеющей стали делают процесс ее сварки более сложным, чем обычных сталей.

Так в ОАО «Тольяттиазот» сварка листовых конструкций различных емкостей химического оборудования производится механизированной сваркой. Внедрение прогрессивных технологий обеспечивает повышение производительности труда, качества продукции. Необходимо отметить, что действующему в настоящее время на предприятии технологическому процессу присущи некоторые недостатки. Главный здесь - малая степень



автоматизации и механизации технологического процесса. Сварщик производит требуемые манипуляции электродом вручную, производительность труда низкая и на качество соединения оказывают влияние субъективные характеристики сварщика.

Вместе с тем, в нефтехимической промышленности применяют и более производительные технологии сварки, механизированную, автоматическую.

Поэтому, сформулируем цель работы так: «Повышение производительности при сварке листовых конструкций химической промышленности».

# 1 Анализ исходных данных и известных технических решений

## 1.1 Характеристика газоотделителя

ОАО «Тольяттиазот» входит в число крупнейших предприятий химической промышленности России. Основная продукция предприятия: карбамид, производится 960 тыс. тонн в год; углекислота, производится 70 тыс. тонн в год и аммиак, ежегодное производство 3 млн. тонн.

Производство аммиака на ОАО «Тольяттиазот» двустадийное: сначала идет приготовление азотоводородной смеси, затем ее превращают в аммиак. Причем, данный процесс представляет единую технологическую схему. В ней сочетаются операции получения смеси и ее очистки и синтеза аммиака.

Из всего оборудования на основе листовых конструкций, используемого в процессе синтеза аммиака, конкретно рассмотрим газоотделитель, рисунок 1.1.

Газоотделитель состоит из цилиндрического корпуса 1, крышки 2, 3, опорной части 4, внутреннего оборудования 5.

Корпус, крышки, непосредственно соприкасающиеся с химическим продуктом выполнены из стали 12X18H10T. Эта сталь относится к аустенитным сталям. Ее применяют для деталей, которые работают при температурах до 600 °С. Например, для сварных аппаратов и сосудов, эксплуатируемых в разбавленных растворах различных кислот, а также в растворах щелочей и солей. Детали, выполненные из стали 12X18H10T могут работать под давлением при температурах от —196 до +600 °С. В агрессивных средах температура эксплуатации до +350 °С.

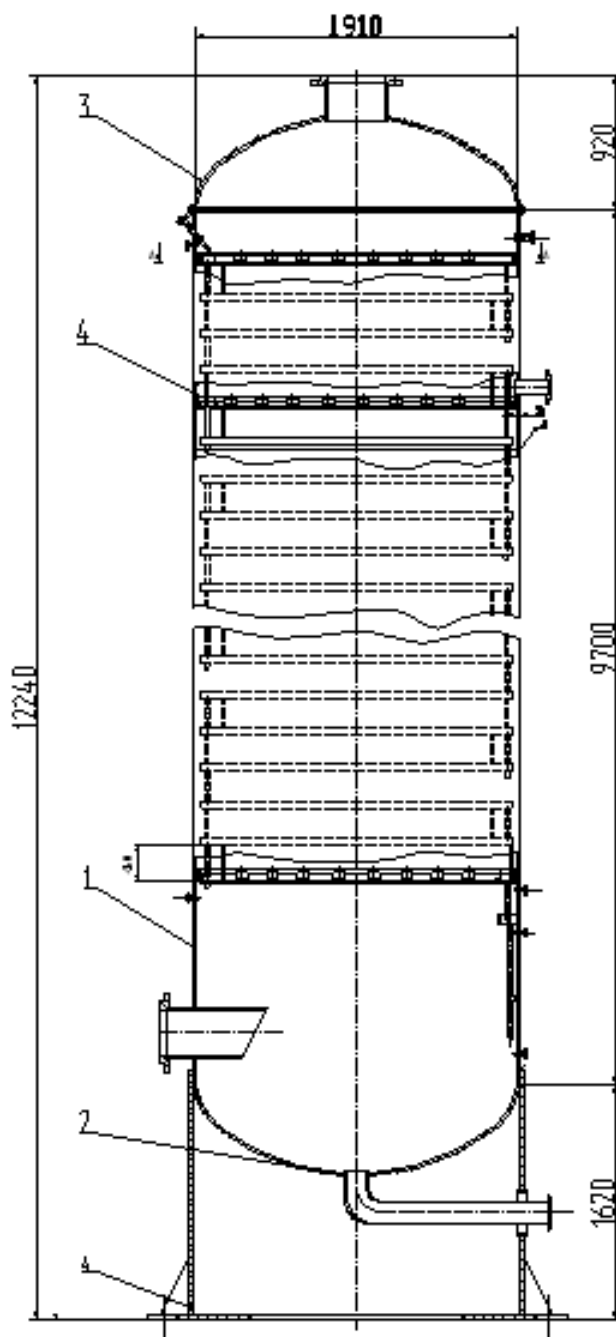


Рисунок 1.1 - Газоотделитель

Содержание химических элементов стали 12Х18Н10Т приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов стали 12Х18Н10Т.

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti
до 0,12	до 0,8	до 2	9-11	до 0,02	до 0,035	17-19	до 0,3	0,5-0,7

Механические свойства стали 12X18H10T при T=20°C приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Механические свойства стали 12X18H10T

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	НВ
5,2	2	40	55	<180

Основным элементом хромоникелевой стали типа 18-10, обуславливающим высокую коррозионную стойкость, является хром, который обеспечивает способность данной стали к пассивации. Наличие хрома в стали около 18% делает сталь стойкой к воздействию разных сред окислительного характера. Наличие никеля в стали около 9-12% обеспечивает аустенитную структуру. Это гарантирует хорошие технологические свойства стали. Поэтому данную сталь применяют в качестве коррозионностойких, жаростойких, жаропрочных и криогенных материалов.

Оценим свариваемость материала конструкции. Под свариваемостью понимают комплексную технологическую характеристику металлических материалов. Свариваемость зависит от разных факторов. Главное определение свариваемости регламентировано ГОСТ 29273–92: «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 в научно-технической, справочной литературе и учебниках свариваемость определяют по разному, тем не менее, за основу лучше принять определение свариваемости согласно ГОСТ 29273–92. Оно, кстати

говоря, совпадает с определением в международном стандарте ИСО 581–80.

Согласно этому определению свариваемость зависит от четырех переменных факторов: материала, технологии, вида конструкции и ее назначения. С учетом комбинации перечисленных факторов ГОСТ 29273–92 предусматривает возможности конкретного определения понятия свариваемости для каждого случая.

Эксплуатационные характеристики сварных металлоконструкций установлены в соответствующей документации. Сюда могут быть включены показатели, зависящие от назначения и условий эксплуатации сварных металлоконструкций. В том случае, когда эксплуатационные характеристики находятся в пределах, заданных техническими требованиями, то считается что материал можно соединить сваркой или он обладает свариваемостью. Когда нижний предел какого либо технического требования не выдерживается хотя бы по одному эксплуатационному показателю, то данный материал нельзя соединить сваркой, и он не обладает свариваемостью.

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

- при одних условиях эксплуатации сварное соединение, полученное одним и тем же видом 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 12X18H10T относятся к первой группе. Они хорошо свариваются дуговой ручной, автоматической и механизированной сваркой. У сварного шва наблюдаются высокие пластические характеристики и высокая вязкость металла. За счет изменения содержания хрома и никеля, введение различных легирующих примесей и за счет термической обработки можно изменить механические свойства в нужном направлении как свариваемого так наплавленного металла. Кроме того, химический состав таких сталей оказывает влияние на их эксплуатационные характеристики – жаропрочность, коррозионную стойкость в разных средах.

Аустенитный металл шва кристаллизуется в сварочной ванне более крупными первичными кристаллами, металл шва, особенно чистоаустенитный, обладает повышенной склонностью к образованию горячих трещин. На процесс кристаллизации, а значит и на образование горячих трещин существенно влияет форма сварочной ванны. Особенно важным это влияние является при автоматической сварке. Предпочтительно

при сварке получить широкую и короткую форму ванны. Это можно достичь уменьшая скорость сварки. Чтобы предупредить чрезмерное увеличение первичных кристаллов необходимо вести сварку дугой малой мощности. 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.

Рабочее напряжение выбирается в зависимости от марки флюса. Предпочтительнее понижать напряжение чтобы получить более выпуклые валики, лучше сопротивляющихся образованию горячих трещин.

## 1.2 Анализ базовой технологии производства корпусов резервуаров химической промышленности

Различают производство единичное, серийное и массовое. Данная классификация определяется объемом выпуска продукции, ее массогабаритными показателями.

При единичном производстве объем выпуска одинаковых изделий мал 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.

При серийном производстве изделия производят периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или в серии серийное производство классифицируют на мелко-, средне- и крупносерийное.

При серийном производстве, которое в основном встречается в машиностроении производят разнообразные станки, прессы, насосы, вентиляторы и т. д.). В условиях серийного производства машины производят сериями, а производство заготовок реализуют партиями.

Для серийного производства характерным является дифференциация операций при изготовлении деталей. Каждая операция закреплена за отдельным рабочим местом. Следовательно имеет место необходимость переналадки оборудования в случае перехода на изготовление деталей разных партий. При серийном производстве различные операции выполняют на универсальном оборудовании которое может быть оснащено как универсальными, так и специальными приспособлениями. Рекомендуется применение специального режущего инструмента, специального измерительного инструмента.

Оборудование на производственном участке может располагаться как по групповому признаку так и по потоку - для крупносерийного производства.

Для серийного производства не требуется такая высокая квалификация рабочих, как для единичного.

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 технологическим 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.

Применение разных технологических процессов для производства того или иного изделия определяется, среди прочего, и программой выпуска



изделия. Количество производимых за год корпусов резервуаров, а также вес корпуса, габариты, позволят отнести тип производства к единичному. Единичное производство характеризуется малой механизацией и автоматизацией технологических процессов обработки. При единичном производстве применяют универсальное оборудование и оснастку. Поэтому проектировщики базовой технологии применили универсальный роликовый стенд для сборки и последующей сварки кольцевых обечаек. Гибку листов в обечайку производят на гибочной машине. Для сварки обечаек и сварки обечаек в корпус применяют технологию механизированной 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, которая позволяет установить, при необходимости, марку материала, номер плавки, и номер листа.

При приемке должны быть проверены:

- соответствие материала условиям заказа, требованиям стандартов, технических условий, данным сертификата;
- соответствие маркировки материала данным сертификата;
- качество поверхности материала, которое должно удовлетворять требованиям стандартов или технических условий.

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.

В случае отсутствия 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 (МКК), 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 сварки емкостей необходимо применять электроды в соответствии с ГОСТ 9466-75 и ГОСТ 10052-75. Перед сваркой электродов 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 или технических условий.

Проверяют наличие ярлыка на каждой пачке и коробке с электродами. Ярлык должен содержать следующую информацию:

- товарный знак предприятия-изготовителя электродов;
- тип, марка, диаметр;
- номер партии и дату изготовления;
- номер стандарта или технических условий;

– режимы сварочного тока в зависимости от диаметра электрода и положения шва при сварке, рекомендуемые предприятием - изготовителем;

– 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. На крышке каждого ящика должны быть предостерегающие надписи или наклейки:

"Не бросать! "Беречь от сырости!"

Хранить и готовить к работе сварочные материалы на предприятии следует в соответствии с РТМ 26-304-78 "Организация хранения, подготовка и контроля сварочных материалов"

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. Выполнять ее должен рабочий разряда не ниже 5-го. Применяют шаблоны. Наметку заготовок деталей из аустенитных сталей марок 12X19H11T, 10X16H14M2T, 08X17H15M3T и подобных им, а также двухслойных сталей с

коррозионностойким слоем следует выполнять не повреждая рабочую поверхность деталей.

После наметки выполняют резку. Сталь 12Х18Н10Т резать и обрабатывать кромки под сварку следует производить механическими способами.

Резать короткую сторону следует на гильотинных ножницах. Вырезку технологических отверстий под люки, штуцера, следует воздушно-плазменной резкой. Для воздушно-плазменной резки используют установку ПУРМ-140. Резку производят по режиму: сила тока 120 А, расход воздуха 300 л/мин. При использовании термической резки на кромках необходимо, согласно требований ГОСТ 14792-60, удалить слой металла механическим способом на глубину свыше 0,8 мм от максимальной неровности (впадины).

Подготовку кромок обечаек под сварку производят на кромкострогальном станке. Величина шероховатости поверхности кромок, подготавливаемых под сварку, должна соответствовать нормам. При наличии на кромках местных уступов и неровностей, препятствующих соединению, следует устранить их до сборки при помощи абразивного круга или напильника, не допуская острых углов или резких переходов.

После обработки кромок контролируют:

- соответствие предъявляемым требованиям формы, размеров и качества подготовки кромок. Контроль выполняют специальными шаблонами, например, УШС-3;
- соответствие предъявляемым требованиям качества зачистки наружной и внутренней поверхностей листов;
- после зачистки контролируют минимальную фактическую толщину листов на соответствие установленным.

Непосредственно перед сборкой под сварку подготовленные для сварки 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 газоотделителя  $25 \cdot 20 = 500$  мм, в получаем минимальный радиус 2200 мм, условие выполнено. Вальцуют листы на четырехвалковом стане чтобы уменьшить прямой участок кромок листа в месте стыка.

Собирают конструкцию под сварку на универсальном сборочном приспособлении. Сначала обечайку собирают, затем выполняют сварной шов. Контролирую стыковку кромок на соответствие требованиям ГОСТ 5264-80 к соединению С-17. Зазор обеспечивают установкой зазорников. Сварщик приступает к выполнению сварочных работ только после положительных результатов контроля собранного соединения и контроля качества операции зачистки поверхностей, подлежащих сварке. Прихватку выполняют ручной дуговой сваркой штучными электродами. Применяют выпрямитель ВД-306 М. При сборке стыка должна быть предусмотрена свободная усадка металла шва в процессе сварки. Стык нельзя собирать с натягом.

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 механическим способом.

После выполнения прихваток проводят операцию приварки технологических планок, входные и выходные. Применяют выпрямитель ВД-306 М. Планки приваривают электродами диаметром 3 мм, при силе тока 90-150 А на постоянном токе обратной полярности.

Затем при помощи крана мостового выполняют перемещение изделия на участок сварки. На участке сварки обечайку устанавливают на роликовый стенд, 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.

Режимы сварки продольного шва обечайки следующие: ток  $I_{св}=210-250$  А, напряжение дуги  $U_{д}=21...24$  В, скорость сварки  $V_{св}= 11...14$  м/час, расход защитного газа  $Q_{зг} = 10-12$  л/мин. Защитный газ - углекислый. Источник питания сварочной дуги применяют УДГУ-351АС/DC, подачу сварочной проволоки обеспечивает полуавтомат ПДГ-302. При сварке в углекислом газе в дуговом пространстве образуется окислительная атмосфера по причине диссоциации углекислого газа. Это приводит к повышенному (до 50 %) выгоранию титана и алюминия. В меньшей степени выгорает марганец, кремний и другие легирующие элементы. Поэтому при сварке нержавеющей сталей в углекислом газе рекомендуют к применению присадочные проволоки, которые содержат раскисляющие и карбидообразующие элементы, такие как алюминий, титан и ниобий. Для сварки сталей марки 12Х18Н10Т рекомендуется проволока Св-07Х18Н9ТЮ, Св-08Х20Н9С2БТЮ. На ОАО Тольяттиазот применяют Св-07Х18Н9ТЮ. Диаметр проволоки 1,2 мм.

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°. Аналогично зажигают дугу на технологических планках, и обрывают после выхода на технологические планки.

Режимы сварки: ток  $I_{св}=210-250$  А, напряжение дуги  $U_{д}=20-25$  В, скорость сварки  $V_{св}= 10-15$  м/час, расход защитного газа  $Q_{зг} = 10-12$  л/мин. Защитный газ - углекислый. Источник питания сварочной дуги УДГУ-351АС/DC, сварочную проволоку подают полуавтоматом ПДГ-302. Сварочная проволока, как было указано выше, Св-07Х18Н9ТЮ диаметром 1,2 мм.

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 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. Применяют выпрямитель ВД-306 М, электроды ОЗЛ-8, диаметр 3 мм. Силу тока принимают в пределах 50...100 А. При сборке необходим контроль расстояния между продольными швами. Оно должно превышать 400 мм. Затем выполняется сварка внешнего шва. Используют эстакаду чтобы облегчить доступ сварщика к шву при сварке в верхнем положении.

Режимы сварки: сварочный ток  $I_{св}=210-250$  А, напряжение на дуге  $U_{д}=20-25$  В, скорость сварки  $V_{св}= 10-15$  м/час, расход защитного газа  $Q_{зг} = 10-12$  л/мин. В качестве защитного газа применяем углекислый. Источник питания сварочной дуги УДГУ-351АС/DC, подача сварочной проволоки осуществляется полуавтоматом ПДГ-302.

После чего аналогично сваривают внутренний кольцевой шов. Режимы

сварки принимают такими же, как и при сварке продольного шва.

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.

### 1.3 Анализ возможных способов сварки для производства резервуаров химической промышленности

Основу для разработки техпроцесса сварки составляют: химический состав; свойства свариваемого металла; условия эксплуатации изделия.

Проведенный выше анализ показал, что сталь 12Х18Н10Т обладает хорошей свариваемостью, относится к первой группе. Однако с учетом условий эксплуатации резервуаров химической промышленности могут понадобиться дополнительные технологические мероприятия.

С учетом сформулированной цели работы необходимо выбирать способ сварки для резервуаров, обеспечивающий заданные требования по качеству при высокой производительности. Широко распространенная ручная дуговая сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Главный здесь – 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.

Кроме того, в ряде случаев сварщику необходимо выполнять дополнительные движения электрода при сварке, как правило колебательные.



Зачастую приходится сваривать шов в различных пространственных положениях. Кроме того, сварщик должен обеспечить проплавление свариваемых кромок с образованием заданного количества наплавленного металла и хорошее формирование шва. Для этого нужно обеспечивать длину дуги,  $l_d$ , постоянной, а электрод перемещать по заданной траектории ( $l_d$  - расстояние между концом электрода и поверхностью сварочной ванны). Длина дуги зависит от марки электрода, условий сварки и, как правило, находится в пределах  $l_d=(0,5\div 1,2)dэ$ . Обеспечить постоянство длины дуги может сварщик высокой квалификации, способный подводить электрод к изделию равномерно, по мере расплавления электродного стержня.

Таким образом, сварщик, для получения качественного соединения должен контролировать большое количество параметров технологического процесса, что снижает производительность, качество.

Для устранения указанного недостатка в практике, как правило, выбирают механизированные и автоматические способы сварки, обеспечивающие высокое и стабильное качество сварных соединений

Наибольшее распространение получила механизированная дуговая сварка в защитных газах, применяемая в базовом варианте.

У данного способа существуют многочисленные разновидности, однако его главная особенность в том, что при сварке в зону факела дуги подают газ, состав которого отличается от состава воздуха, рис. 1.3. При этом вокруг факела дуги создается среда, защищающая расплавившийся основной и присадочный металл от вредного влияния воздуха.

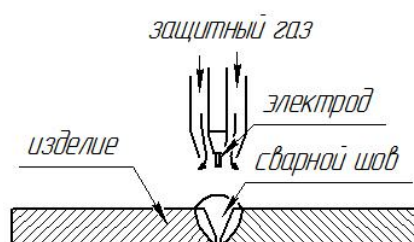


Рисунок 1.3 – Схема сварки неплавящимся электродом в среде защитного газа

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.

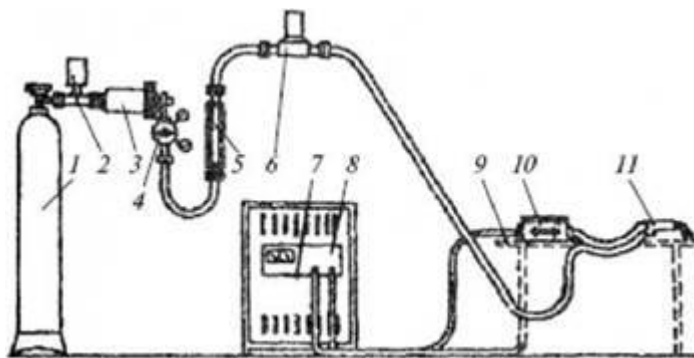
Из преимуществ сварки в защитных газах можно выделить следующие: высокая мобильность; высокая скорость сварки; сварку можно выполнять во всех пространственных положениях; можно соединять металл в диапазоне толщин - от миллиметра и менее до десятков миллиметров; оборудование сравнительно простое, дешевое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

Типовой сварочный пост для механизированной сварки в среде защитного газа, способ MIG/MAG, показан на рис. 1.4.

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

Для некоторых способов сварки, например, механизированной в среде углекислого газа недостатком является повышенное разбрызгивание и, при сварке нержавеющей стали, образование на поверхности шва плотных и прочно

сцепленных с металлом пленок оксидов, что может уменьшить коррозионную стойкость сварного соединения.



1 - баллон с газом; 2 – подогреватель газа; 3 - осушитель; 4 - редуктор;  
5 - расходомер (ротаметр); 6 - газозащитный клапан; 7 - источник  
питания; 8 - пульт управления; 9- рабочий стол; 10 - подающий механизм; 11  
- горелка

Рисунок 1.4 – Пост для сварки в среде защитных газов.

Одним из вариантов механизации технологического процесса сварки является применение порошковой проволоки.

Порошковая проволока это непрерывный электрод, как правило трубчатой, но у него может быть более сложная конструкция, с порошкообразным наполнителем — сердечником. Сердечник может быть выполнен из смеси разнообразных минералов, руд, ферросплавов. В состав сердечника могут быть включены металлические порошки, различные химикаты и другие материалы. Компоненты сердечника, так же как и компоненты электродных покрытий защищают расплавленный металл от вредного влияния воздуха, раскисляют и легируют металл, связывают азот в стойкие нитриды, стабилизируют дуговой разряд и др. Компоненты сердечника должны еще, удовлетворять требованиям, которые предъявляются ко всем сварочным материалам: должно быть обеспечено хорошее формирование сварного шва, шлаковая корка должна легко отделяться, должен обеспечиваться провар основного металла, разбрызгивание металла должно быть минимальным, должны отсутствовать

поры, трещины, шлаковые включения и другие дефекты, требуемые механические свойства швов и сварных соединений и т. д.

Порошковые проволоки могут быть использованы для сварки без дополнительной защиты зоны сварки, способ FCAW\*NG, а также для сварки в защитных газах, способ FCAW\*AG в активных газах и способ FCAW\*IG в инертных газах, под флюсом, электрошлаковой. Если проволоку используют для сварки без дополнительной защиты, то она называется самозащитной. Компоненты, которые входят в состав сердечника самозащитной проволоки при нагреве и расплавлении создают в дуге требуемую газовую и шлаковую защиту расплавленного металла. В настоящее время максимальное распространение получили проволоки предназначенные для сварки в углекислом газе, а также самозащитные проволоки.

Сварка порошковой проволокой может осуществляться во всех пространственных положениях.

Для сварки порошковой проволокой характерной является высокая линейная скорость сварки, 14-20 м/час, для ручной дуговой сварки покрытыми электродами 4-8 м/час. Кроме того имеется возможность форсировать режим сварки. По сравнению с ручной дуговой сваркой производительность наплавки может быть повышена. Расход проволоки, по сравнению с РДС меньше, в среднем на 130%. Кроме того, повышается эффективность работы сварщика, так как нет необходимости останавливать процесс для смены электродов, и отпадает необходимость устранять дефекты возникающие при обрыве дуги.

Для способа характерным является высокая плотность тока, поэтому появляется возможность выплавлять дефекты в предыдущих слоях. Это уменьшает количество дефектов, снижает затраты на ремонт швов. Важным для нашего случая является возможность выполнения швов при высоких значениях скорости ветра за счет особой системы защиты капель расплавленного металла, так и сварочной ванны.

Следует отметить простоту техники сварки порошковой проволокой. Практика показывает, что для переобучения сварщиков 5-6 разряда достаточно 10-12 дней.

К недостаткам следует отнести следующее: высокое разбрызгивание, особенно при сварке на больших токах, что требует использования специальной защиты (кожаные костюмы). Кроме того, процесс сварки сопровождается повышенным аэрозолевыделением.

При автоматической сварке под флюса между соединяемыми деталями и плавящимся электродом возбуждают дугу, перед дугой наносят слой флюса. Под слоем флюса за счет тепла дуги образуется сварочная ванна и, при перемещении дуги, формируется шов. Тепло дуги, также плавит часть флюса, образуется слой жидкого шлака, который разогретые газы и пары металла оттесняют своим давлением и образуется пузырь закрывающий зону сварки. После кристаллизации шва на его поверхности происходит образование шлаковой корки. Слой флюса и шлак обеспечивают защиту зоны сварки и остывающего шва от воздуха. За счет перехода газов и неметаллических загрязнений в шлак, металл становится более чистым. Кроме того, в плавильном пространстве повышается давление за счет облегания его шлаком, происходит повышение давления в плавильном пространстве, дуга обжимается, что повышает ее эффективный КПД и проплавляющую способность. Также нет разбрызгивания металла, что позволяет увеличить силу тока, по сравнению с ручной сваркой. Потери электродного металла составляют не более 2-4 %. Дугу в процессе сварки не видно, поэтому сварщик может обойтись без защитной маски и тяжелой защитной одежды [2].

Однако сварка под флюсом не лишена недостатков. Ее сложно выполнять в пространственных положениях шва, кроме нижнего потому что необходимо удерживать флюс. Сложно вести контроль процесса горения дуги и формирования шва, потому что все закрыто флюсом. Пыль флюса и пары флюса представляют опасность здоровью сварщиков. Для сварки

необходимо применять сложное дорогостоящее оборудование.

Таким образом, проводя анализ, с учетом толщины свариваемого металла и особенностей сварки нержавеющей стали автоматизировать процесс применяемой в базовом варианте механизированной сварки в защитной среде представляется недостаточным для достижения целей работы.

Предлагается вариант автоматической сварки под слоем флюса. Производительность данного способа выше, чем механизированной сварки.

#### 1.4. Задачи бакалаврской работы

Цель работы, сформулированная во введении – Повышение производительности при сварке листовых конструкций химической промышленности.

Проведенный анализ базового технологического процесса, конструктивных особенностей блока трубопровода позволяет выделить главный недостаток – низкую степень автоматизации и низкую скорость сварки процесса дуговой сварки в защитных газах. Анализ возможных способов устранения показал, что предпочтительным вариантом является применение автоматической сварки под слоем флюса.

Таким образом, анализ показывает, чтобы достичь поставленную в работе цель нужно решить следующие задачи:

- 1) Определить режимы сварки под слоем флюса;
- 2) Разработать технологический процесс сборки и сварки листовых металлоконструкций автоматической сваркой;
- 3) Подобрать сварочное оборудование для автоматической сварки;
- 4) Разработать мероприятия по охране здоровья и жизни рабочих производственного участка;
- 5) Рассчитать экономическую эффективность от внедрения

предложенных технических мероприятий.

.

## 2 Разработка технологии, выбор сварочных материалов для сварки листовых конструкций

### 2.1 Выбор вспомогательных материалов и типа соединения

При выборе сварочных материалов принимают во внимание следующие основные факторы: выбранный способ сварки; химический состав свариваемого металла; условия, при которых эксплуатируется сварная конструкция.

Выбранный в разделе анализа способ сварки (автоматическая, под флюсом) в первую очередь влияет на выбор видов применяемых сварочных материалов. Для сварки под флюсом применяют такие сварочные материалы, как проволоку сплошного сечения и флюс.

Объем легирующих компонентов в нержавеющей сталях превышает 25%, поэтому химическая активность флюсов для сварки нержавеющей сталей должна стремиться к 0. Кроме того, легировать сварной шов при сварке нержавеющей стали предпочтительнее через проволоку, а не через флюс, так как при этом стабильнее химический состав шва. Предпочтительно для сварки нержавейки использовать низкокремнистые фторидные флюсы, которые создают в зоне сварки безокислительные или слабоокислительные среды, что минимизирует угар легирующих компонентов.

Для сварки нержавеющей сталей возможно применение большой номенклатуры флюсов. Так при дуговой сварке аустенитно-ферритными швами применяют флюсы АНФ-14; АНФ-16; 48-ОФ-Ю; К-8.

При сварке аустенитно-ферритными швами с небольшим запасом аустенита используют флюс АН-26. Для сварки чисто аустенитными швами с большим запасом аустенита могут быть применены флюсы АНФ-5; ФЦК.

Для сварки нержавеющей стали 12Х18Н10Т, по рекомендациям [2] применим флюс АНФ5. Этот флюс АНФ-5 получают плавкой в флюоритового концентрата с фтористым натрием с последующим



измельчением. Во флюсе АНФ-5, в отличие от всех других, отсутствуют кислородные соединения.

Чтобы уменьшить вероятность образования пор в металле шва флюсы предназначенные для высоколегированных сталей следует прокалить непосредственно перед выполнением сварочной операции. Режимы прокаливания флюса АНФ-5 следующие: температура 350°C, отклонения от температуры в пределах  $\pm 50^\circ\text{C}$ ; время прокаливания 1-1,5 часа. Если после прокаливания флюс хранится в сухом помещении, его необходимо использовать в течение 15 суток. После истечения указанного срока флюс снова прокалывают перед применением. количество прокаливаний флюса неограниченно.

Сварочную проволоку по химическому составу оставляем, как и в базовом варианте, Св-07Х18Н9ТЮ.

Чтобы предупредить перегрев металла и связанного с перегревом укрупнения структуры, исключить возможность появления трещин и уменьшения эксплуатационных характеристик сварного соединения следует выполнять сварку валиками небольшого сечения, применяя для этого проволоку диаметром 2- 3 мм, а с учетом с высокого электросопротивления аустенитных сталей вылет электрода следует уменьшить в 1,5-2 раза.

Изменение способа сварки влечет за собой и изменение типа соединения. Геометрические характеристики сварного соединения и разделки кромок для сварки под флюсом регламентированы ГОСТ 8713-79.

Вообще, при выборе или проектировании конструкции сварного соединения учитывают следующие основные факторы, оказывающие главное влияние на процедуру выбора: тип сварной конструкции, определяющей возможность выполнения сварного соединения с одной или двух сторон; тип сварного соединения: стыковое, угловое, тавровое или нахлесточное; материал конструкции; условия эксплуатации конструкции; геометрические характеристики изделия в месте расположения сварного соединения: толщина соединяемых кромок, диаметр изделия или радиус кривизны поверхности в месте соединения и т.п.

Диаметр данной листовой конструкции позволяет выполнять шов с двух сторон. Односторонние соединения являются экономически более выгодны и более технологичны чем двухсторонние сварные соединения. Это обусловлено тем, что при выполнении двухсторонних соединений, как правило, трудоемкость процесса больше, требуется перенастройка оборудования. Однако при сварке одностороннего соединения со свободным формированием корня сварной шов характеризуются нестабильностью качества. Поэтому соединения со свободным формированием корня рекомендуются применять для ручных способов сварки, или для автоматических способов сварки с наличием систем управления с обратной связью, и не рекомендуется использовать для автоматических способов сварки без систем управления с обратной связью (т.е. с жёстким заданием режимов).

Двухсторонние сварные соединения являются менее технологичными, однако, обеспечивают высокое и стабильное качество сварных соединений. Поэтому для листовых конструкций химической промышленности выбираем двустороннее соединение, как обеспечивающее высокое качество шва.

В ГОСТ 8713-79 к двусторонним стыковым соединениям толщиной 20 мм относятся соединения С15, С21, С25, С39.

Выбираем соединение С25.

Разделка кромок, рисунок 2.1, сварное соединение – рисунок 2.2.

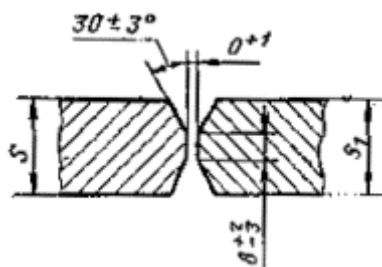


Рисунок 2.1 – Разделка кромок соединения С25.

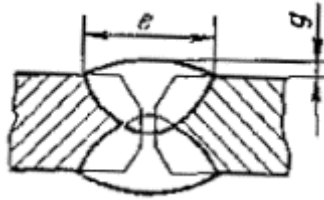


Рисунок 2.2 – Сварное соединение С25.

## 2.2 Разработка технологического процесса 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, как и в базовом технологическом процессе, ручной дуговой сваркой. Применяется выпрямитель ВД-306 М. Сборку стыка проводить так, чтобы была обеспечена возможность свободной усадки металла шва при сварке. Сборка стыка с натягом не допустима.

Прихваточные швы следует равномерно располагать по периметру стыка. Расстояние между прихватками выдерживать в пределах 150 – 200 мм, при длине прихватки 20-25 мм. Для прихватки применять электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Сила сварочного тока 90-100А, ток сварки постоянный при обратной полярности.

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. Применяется выпрямитель ВД-306 М. Сила тока 90-150 А.

Затем при помощи крана мостового перемещаем обечайку на участок сварки. Там обечайку помещают на роликовую опору CD/Cl.

С помощью роликовой опоры поворачиваем обечайку так, чтобы выставить стык в положение «зенит». Подводим колонну CaB 300 S с закрепленной на ней сварочной головкой A2 S Mini Master, выставляем в заданное положение сварочную горелку, она должна находиться в положении над технологической планкой. Контролируем количество сварочной проволоки в бухте и количество флюса в бункере. Шов необходимо выполнить без перерывов. Включается подача флюса, возбуждается дуга на технологической планке, производится сварка. Силу тока при выполнении сварного соединения задаем в пределах 670-700 А. Скорость сварки задаем в пределах 50-55 см/мин. Величина напряжения на дуге составит 40-45 В. Подачу сварочной проволоки производим со скоростью 220-250 см/мин. Завершать процесс сварки после выхода дуги на технологическую планку. По завершении сварки продольного шва изделие поворачивают на 180°. Уводят в исходное положение головку, опускают консоль с головкой в нижнее положение, подводят сварочную головку в положение над технологической планкой, включают подачу флюса и зажигают дугу. Сила тока при сварке задается несколько меньше, около 650-680 А. Скорость сварки задаем в пределах 50-55 см/мин. Величина напряжения на дуге составит 40-45 В. Подачу сварочной проволоки производим со скоростью 220-250 см/мин. По завершении сварки необходимо удалить корку шлака, срезать технологические планки механическим способом, и произвести визуальный контроль.

Недопустимыми дефектами являются трещины всех видов, в шве и околошовной зоне, непровары, шлаковые включения. Кроме того, недопустимо врезание в основной металл в месте удаления технологической планки.

Затем выполняем сварку продольного шва следующей обечайки. С применением автоматической сварки на оборудовании ESAB данная процедура будет выглядеть следующим образом. Колонна CaB 300 S с установленной на ней сварочной головкой A2 S Mini Master уводится по направляющим рельсам в сторону от сваренной обечайки. На направляющие рельсы устанавливается роликовая опора CD/CL. Обечайка со с операции прихватки укладывается на ролики опоры, рядом с уже сваренной обечайкой, производят поворот обечайки таким, образом, чтобы стык был расположен стыка в «зенит». Колонну CaB 300 S с установленной сварочной головкой A2 S Mini Master подводят к следующей обечайке выставляют горелку, таким образом, чтобы она была над технологической планкой. Включается подача флюса, возбуждается дуга на технологической планке, производится сварка. Силу тока при выполнении сварного соединения задаем в пределах 670-700 А. Скорость сварки задаем в пределах 50-55 см/мин. Величина напряжения на дуге составит 40-45 В. Подачу сварочной проволоки производим со скоростью 220-250 см/мин. Завершать процесс сварки после выхода дуги на технологическую планку. По завершении сварки продольного шва изделие поворачивают на 180°. Уводят в исходное положение головку, опускают консоль с головкой в нижнее положение, подводят сварочную головку в положение над технологической планкой, включают подачу флюса и зажигают дугу. Сила тока при сварке задается несколько меньше, около 650-680 А. Скорость сварки задаем в пределах 50-55 см/мин. Величина напряжения на дуге составит 40-45 В. Подачу сварочной проволоки производим со скоростью 220-250 см/мин. По завершении сварки необходимо удалить корку шлака, срезать технологические планки механическим способом, и произвести визуальный

контроль - как и для первой обечайки.

Затем производится стыковка двух обечаек, производится их стяжка, контролируются необходимые геометрические параметры соединения. При сборке обечаек необходимо контролировать расстояние между швами продольными. Оно должно быть не менее 400 мм.

После сборки выполняют прихватки. Прихваточные швы следует равномерно располагать по периметру стыка. Расстояние между прихватками выдерживать в пределах 150 – 200 мм, при длине прихватки 20-25 мм. Для прихватки применять электроды ОЗЛ-8 диаметром 3 мм. Сила сварочного тока 90-100А, ток сварки постоянный при обратной полярности..

В процессе операционного контроля к качеству прихваток необходимо предъявлять такие же требования, как и к сварному шву. Если при визуальном контроле обнаружены прихватки, с недопустимыми дефектами, их следует удалить механическим способом и выполнить повторно.

По окончании зачистки и контроля выполненных прихваток подаем вверх консоль со сварочной головкой, выставляем в положение  $-5^{\circ}$  от зенита и свариваем наружный кольцевой шов. Силу тока при выполнении сварного соединения задаем в пределах 670-700 А. Скорость сварки задаем в пределах 50-55 см/мин. Величина напряжения на дуге составит 40-45 В. Подачу сварочной проволоки производим со скоростью 220-250 см/мин. Окончание сварки после завершения кольцевого шва.

По завершении сварки двух обечаек колонна CaB 300 S с установленной на ней сварочной головкой A2 S Mini Master уводится по направляющим рельсам в сторону от сваренных обечаек. На направляющие рельсы устанавливается роликовая опора CD/CL. Обечайка с операции прихватки укладывается на ролики опоры, рядом с уже сваренными обечайками, производят поворот обечайки таким образом, чтобы обеспечить положение стыка в «зенит». Подводят колонну CaB 300 S со сварочной головкой A2 S Mini Master, выставляют горелку, таким образом, чтобы она была над технологической планкой. Включается подача флюса,

возбуждается дуга на технологической планке, производится сварка. Силу тока при выполнении сварного соединения задаем в пределах 670-700 А. Скорость сварки задаем в пределах 50-55 см/мин. Величина напряжения на дуге составит 40-45 В. Подачу сварочной проволоки производим со скоростью 220-250 см/мин. Завершать процесс сварки после выхода дуги на технологическую планку. По завершении сварки продольного шва изделие поворачивают на 180°. Уводят в исходное положение головку, опускают консоль с головкой в нижнее положение, подводят сварочную головку в положение над технологической планкой, включают подачу флюса и зажигают дугу. Сила тока при сварке задается несколько меньше, около 650-680 А. Скорость сварки задаем в пределах 50-55 см/мин. Величина напряжения на дуге составит 40-45 В. Подачу сварочной проволоки производим со скоростью 220-250 см/мин. После выполнения сварки проводится визуальный контроль - как и для первых двух обечаек.

Затем стыкуем третью обечайку с уже сваренным участком корпуса газоотделителя, и выполняем кольцевой сварной шов по той же технологии как и при сварке кольцевого шва, соединяющего первую обечайку со второй. Аналогично производится сварка продольного шва четвертой обечайки и соединение ее с первыми тремя обечайками и подобным образом сваривают весь корпус газоотделителя.

Затем корпус газоотделителя подвергают операционному контролю. При выполнении указанной операции оставляем визуально-измерительный контроль 100% сварных швов, и ультразвуковой контроль 100% сварных швов, все как и в базовой технологии.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле недопустимые дефекты, исправление которых возможно без удаления и последующей заварки выборок, необходимо исправить до проведения контроля другими методами.

Сваренный корпус отправляют на дальнейшие операции.

### 3 Выбор оборудования.

Для реализации новой технологии потребуется новое сварочное оборудование.

Анализ рынка сварочного оборудования позволяет остановить выбор на оборудовании фирмы ESAB.

Для сварки под слоем флюса предлагается использовать сварочную головку A2 S Mini Master. Общий вид головки на рисунках 3.1, 3.2.



Рисунок 3.1 - Сварочная головка A2 S Mini Master

Эта головка является автоматической сварочной системой. В ее конструкции удачно сочетаются универсальность применения, малая масса и



малые габариты. Головка собрана из стандартных частей и допускает большую степень трансформации. Степень автоматизации может варьироваться в зависимости от конкретной производственной ситуации.

При сварке под флюсом и ПВ 100%, максимальный сварочный ток достигает 800 А. Диаметр сварочной проволоки до 4 мм. Емкость бункера для флюса составляет 6 литров.



Рисунок 3.2 - Сварочная головка A2 S Mini Master

Для сварки емкостей, тела вращения, сварочную головку установим на колонне CaV 300 S (standart).

Сварочные центры CaV 300 S (standart) являются стандартными установками типа колонна (3...5метров) - консоль (3...5 метров ). Вращение центра вокруг своей оси на 180° значительно увеличивает его зону охвата. Разработчики предусмотрели три варианта размещения сварочной колонны на производственном участке: стальная плита, бетонная плита, ходовая часть на рельсовой основе. Для нашего изделия принимаем ходовую часть на рельсовой основе.

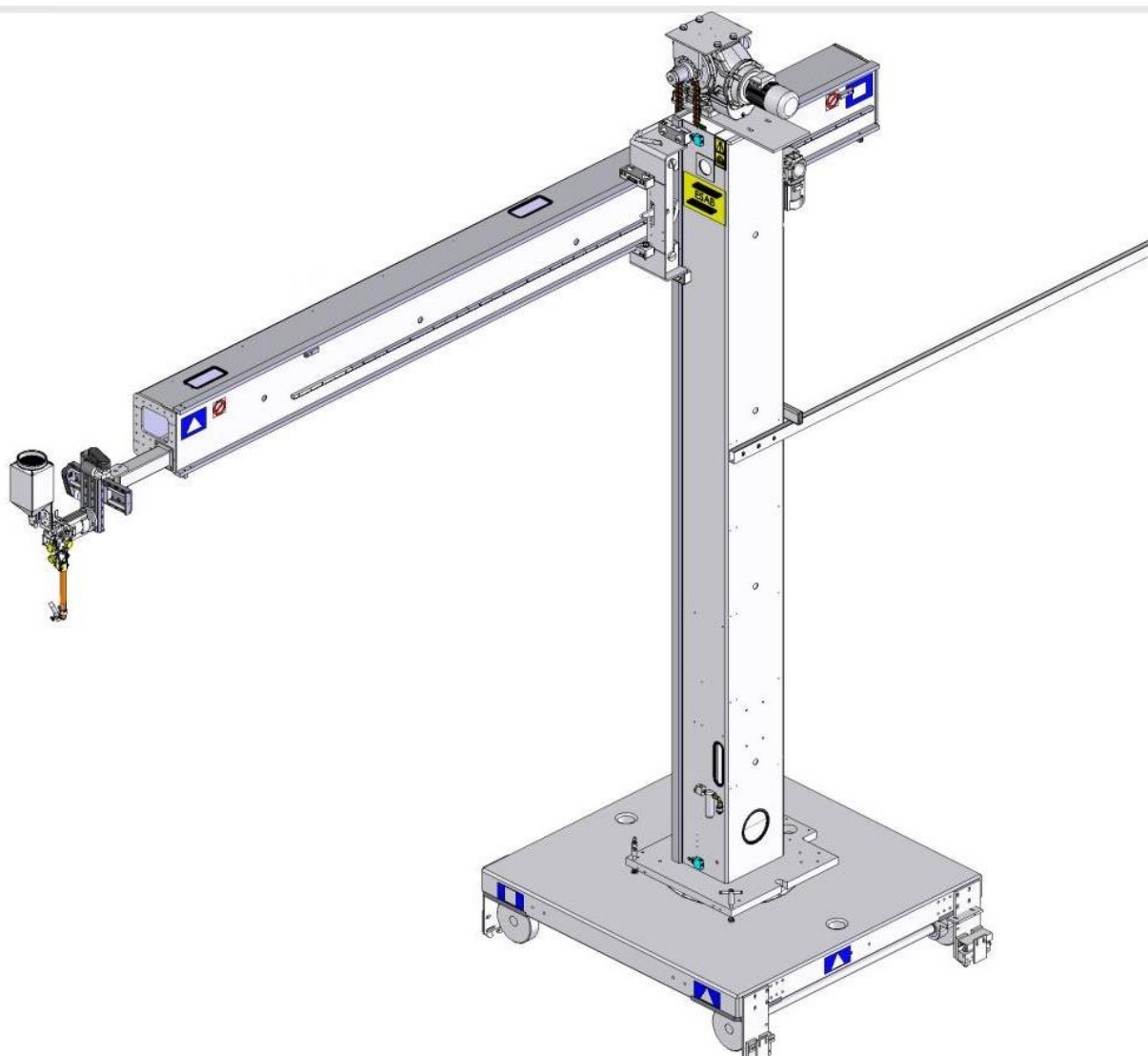


Рисунок 3.3 – Колонна CaV 300 S (standart).

Колонна выполняется различных геометрических размеров. Для сварки нашего изделия определимся с геометрическими размерами. Для варианта рельсового перемещения высота (А) подъема консоли составит 4070 мм,

минимальная составит 930 мм. С учетом данных высот колонна подойдет для сварки нашего изделия. Общая высота колонны (D) составит 5170 мм. Вылет консоли (G) максимальный 3580 мм, минимальный 540 мм. Таким образом, размер вылета позволит для нашего размера обечаек укрощать их в корпус. Скорость сварки обеспечивается 0,1...2,0 м/мин. Ширина колеи составляет 1730 мм.

Следует отметить, что на данную колею еще нужно будет устанавливать опору роликовую. Выбираем опоры серии SD/SI. Это саморегулируемые роликовые опоры, грузоподъемность которых составляет от 5 до 100 тонн. Учитывая, что все четыре ролика приводных секций опоры роликовой ведущие, возможно применение роликоопор для тонкостенных и для тяжелых изделий.

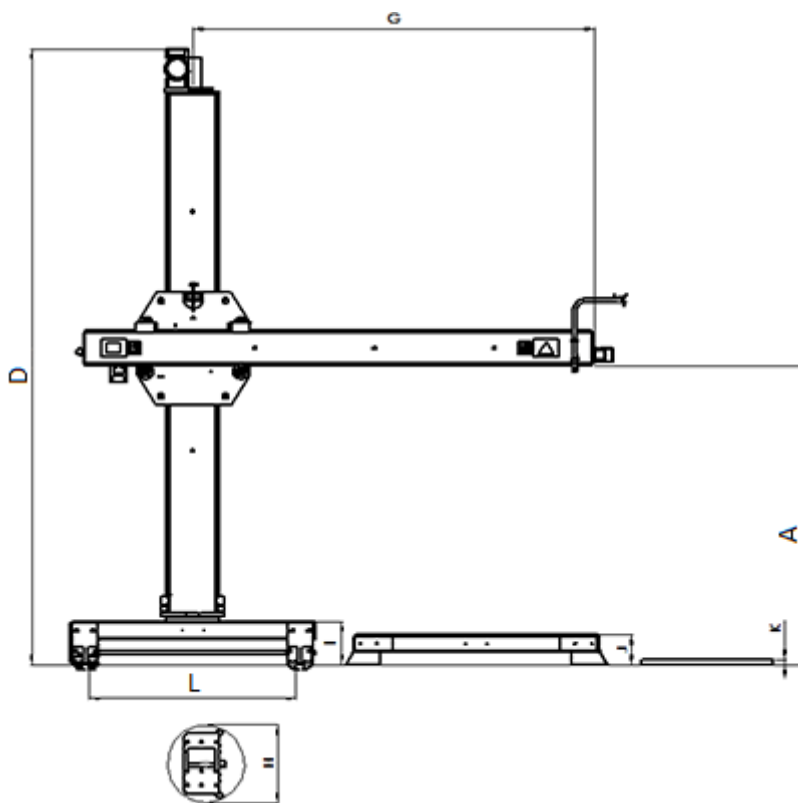


Рисунок 3.4 – Геометрические размеры колонны CaB 300 S (standart).

Каждая опора является самостоятельной единицей оборудования. Она укомплектована приводным двигателем и пультом управления.

Грузоподъемность каждой секции варьируется в пределах от 2,5 до 60 тонн, в зависимости от исполнения. Диаметр изделия от 789 до 6600 мм.



Рисунок 3.5 – Опора роликовая SD/SI.

В базовом варианте используется для прихваток выпрямитель ВД-306 М. И в проектном также предложено его использовать для прихваток.

Для питания сварочной дуги при сварке под флюсом понадобится специальный источник питания. С учетом того, что сварочный участок комплектуется оборудованием ESAB предложено выбрать источник Aristo 1000 AC/DC SAW, рисунок 3.6.

Его характеристики следующие. Максимальная нагрузка, при ПВ 100% - ток 1000 А, напряжение 44 В. Габариты 865x610x1320 мм. Вес 330 кг. Источник инверторный, позволяет вести сварку на постоянном токе и переменном, что расширяет его технологические возможности. Следует отметить, что для сварки под флюсом можно применить, например, трансформатор ТСД-1000. При той же силе сварочного тока его вес составит 540 кг. Если вести сварку под слоем флюса на постоянном токе, то выпрямитель ВС-1000 весит 600 кг.



Рисунок 3.6 – Источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW.

## 4 Безопасность и экологичность проекта.

### 4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Тема бакалаврской работы: «Сварка емкостей химической промышленности».

Проектный технологический процесс сварки емкости – корпуса газоотделителя - планируется к внедрению на производственном участке, рисунок 3.1.

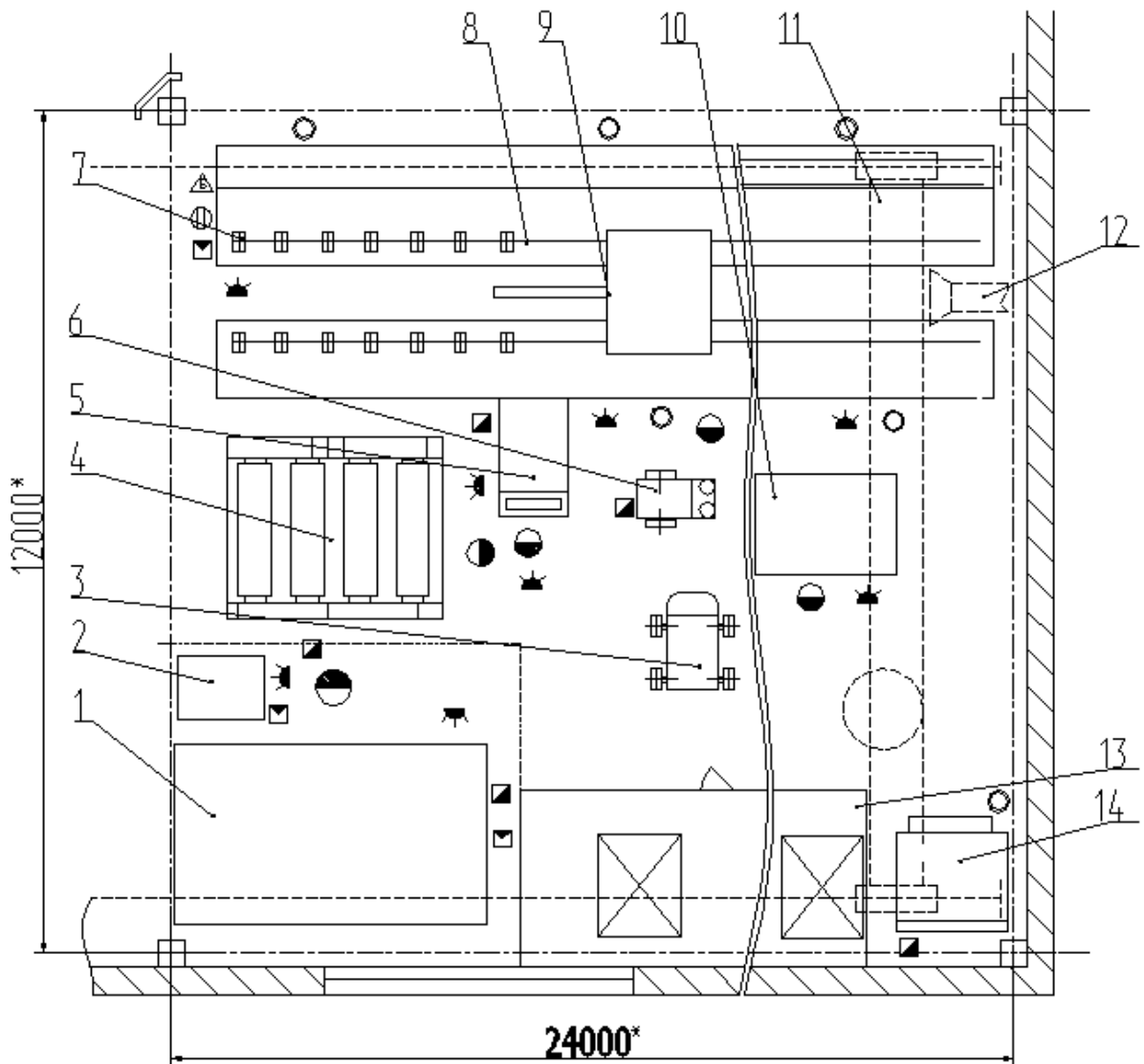


Рисунок 3.1 – Схема компоновочная участка производственного

В состав участка входит следующее оборудование: пост рентгеновского контроля 1; пост ультразвукового контроля 2; тележка

инвентарная 3; вальцы 4; источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW 5; выпрямитель ВД-306 М 6; опора роликовая SD/SI 7; рельсовый путь для колонны 8; олонна CaB 300 S 9; универсальное сборочной приспособление 10; кран 11; приточная вентиляция 12; склад для вспомогательных инструментов и расходных материалов 13; электропечь для сушки сварочных материалов 14.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Техпроцесс	Операция, выполняемые работы	Должность работника.	Оборудование, приспособления инструменты	Применяемые материалы и вещества
1	Сварка корпуса газоотделителя	Подготовка обечаек, к сварке, прихватка обечаек, сварка продольных швов обечаек, сборка обечаек на роликовом стенде, сварка кольцевых швов обечаек.	Слесарь-сборщик, сварщик изделий из тугоплавких металлов,	УСП, выпрямитель ВД-306 М источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW, колонна CaB 300 S, опоры роликовые SD/SI	Сталь 12X18H10T, сварочная проволока Св-01X23H23M3 ТЗ, флюс АНФ-5, круг абразивный

#### 4.2 Идентификация профессиональных рисков.

Технологический процесс сварки корпуса газоотделителя связан с опасностями, причины возникновения которых различны. В зависимости от степени воздействия и обстоятельств опасности могут вызвать у человека как временную, так полную потерю нетрудоспособности.

При дуговой сварке под флюсом корпуса газоотделителя на производственный персонал действуют такие опасные и вредные производственные факторы, как: повышение содержания в воздухе возле рабочей зоны озона и оксидов азота и аэрозолей, состоящих, в основном, из оксидов металлов и неметаллов; повышенная температура поверхностей корпуса; высокое напряжение в электрической цепи. [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	Подготовка обечаек к сварке, сборка обечаек, прихватка, сварка, контроль сварных соединений	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; повышенный уровень инфракрасной радиации.	УСП, выпрямитель ВД-306 М, источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW, колонна CaB 300 S, опоры роликовые SD/SI, флюс АНФ-5, круг абразивный

#### 4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Анализ методов и средств снижения профессиональных рисков проведем в таблице 4.3



Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

№ п/п	Опасные и / или вредные производственные факторы	Используемые средства коллективной защиты производственного персонала	Используемые средства индивидуальной защиты производственного персонала
1	движущиеся механизмы и части сварочного оборудования передвигаемые обечайки, заготовки, материалы;	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения.	
2	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	вентиляция	респираторы
3	высокая температура материалов		Спецодежда, перчатки
4	высокая температура воздуха в рабочей зоне;	вентиляция	
5	высокое напряжение в электрических цепях;	Заземление, контроль изоляции.	
6	повышенная пульсация светового потока;	Использование щитов для экранирования мест сварки,	маска сварщика
7	высокий уровень ультрафиолетовой и инфракрасной радиации;	Использование щитов для экранирования мест сварки,	Спецодежда, маска сварщика
8	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;		Перчатки, спецодежда.
9	повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;	экранирование, увеличение расстояния от источника излучения и ограничение времени пребывания оператора в опасной зоне.	

Инструктажи: первичный, ежеквартальный общие для защиты от всех вредных факторов и в таблицу не включены.

#### 4.4 Пожарная и техногенная безопасность рассматриваемого технического объекта.

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

На участке сварки труб 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 стыков трубопровода	сварочный комплекс «CRC-Evans AW»;	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Технические средства, позволяющие обеспечить пожарную безопасность на участке сварки труб проанализируем в таблице 4.5

Таблица 4.5 - Средства обеспечивающие пожарную безопасность.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Действия согласно плану эвакуации	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные мероприятия по обеспечению пожарной безопасности на сварочном участке.

Наименование технологического процесса	Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности участка	Требования к оснащению участка по обеспечению пожарной безопасности
Сварка	обучение персонала правилам пожарной безопасности, размещение на участке средств наглядной агитации, учений с производственным персоналом, комплектование добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

#### 4.5 Экологическая безопасность участка сварки стыков

Таблица 4.7 – Воздействие объекта (сварочного участка) на окружающую среду

Наименование технологии	Составляющие технического объекта	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Сварка	Подготовка деталей к сварке, сборка, сварка, контроль сварных швов и геометрии трубопровода.	газообразные частицы; сажа;	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от сварочной проволоки,

Таблица 4.8 – Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование мероприятий	Сварка
Снижение негативного воздействия на атмосферу	Установка в систему вентиляции фильтров, улавливающих частицы сажи
Снижение негативного воздействия на литосферу	Установка контейнеров, для сбора мусора и производственных отходов.

#### Заключение по разделу

При работе над данным разделом бакалаврской работы были выявлены и проанализированы опасные и вредные производственные факторы при сварке проволокой сплошного сечения под флюсом корпуса газоотделителя из нержавеющей стали.

Была проанализирована возможность их устранения и уменьшения. Показано, что применение на сварочном участке стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства обеспечит безопасность жизни и здоровья производственного персонала при внедрении на участке сварки разработанных в бакалаврской работе технологических решений.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не нужна.

Чтобы минимизировать угрозу участка сварки экологической безопасности необходимо соблюдать технологический регламент, производственную санитарию и т.д.

## 5 Экономическая эффективность

В проектном варианте сварка швов корпуса выполняется автоматической сваркой под слоем флюса. Сварка корпуса по базовому варианту производится ручной дуговой сваркой. Недостатки базовой технологии методы их устранения в проектном проанализированы в таблице 5.1.

В проектном варианте планируется применить новое оборудование – передвижную колонну и установленную на ней сварочную головку для сварки под слоем флюса. Данный вариант обеспечивает сварку кольцевых швов на вращателе. Внедрение проектного варианта технологии сварки корпуса в производство позволит снизить трудоемкость, облегчить труд сварщика и обеспечит получение условно-годовой экономии за счет снижения себестоимости сварки продольных и кольцевых швов обечаек резервуаров химической промышленности. Планируется получить годовой экономический эффект за счет внедрения оборудования, обладающего более высокой производительностью.

Расчет будем проводить по изменившимся операциям (сварка) технологического процесса.

Таблица 5.1 – Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Необходимые манипуляции сварочной горелкой выполняет сварщик, поэтому качество шва и производительность сварки зависит от субъективных качеств сварщика. Нужен сварщик высокого разряда.	Горелку перемещает автомат. На операции сварки может работать сотрудник меньшего разряда.
Величина сварочного тока при механизированной сварке $\approx 200$ А. Поэтому скорость сварки сравнительно невысока.	Сила тока при сварке под слоем флюса больше, поэтому больше и скорость сварки.

5.1 Исходные данные для экономического обоснования  
сравниваемых вариантов

Данные для проведения расчетов сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные к расчетам

№ п/п	Показатели	Услов. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базов.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая	Нпр	шт	200	200
2	Цена сварочной проволоки Св- 07X18Н9ТЮ, Св-06X19Н9Т	Цэл	Руб/кг	1178	1164
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
4	Коэффициент доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Отчисления на дополнительную заработную плату	-	%	12	12
6	Отчисления на социальные нужды	-	%	30	30
7	Кэф. транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
8	Удельный расход защитного газа	Узг	М <sup>3</sup> /час	50	-
9	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м <sup>3</sup>	50	-
10	Стоимость флюса	Цфл	Руб/кг	-	28
11	Стоимость оборудования	Цоб	Руб	85000	2760000
12	Норма амортизационных отчислений на оборудование	На	%	18	18
13	Коэффициент полезного действия установки	КПД	-	0,78	0,8
14	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
15	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м <sup>2</sup>	1800	1800
17	Площадь занимаемая оборудованием	S	М <sup>2</sup>	18	31
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м <sup>2</sup>	3000	3000
19	Затраты на монтаж (демонтаж) оборудования	-	%	2	2
20	Коэффициент цеховых расходов	Кцех		2,50	2,50

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6
21	Коэффициент Заводских расходов	Кзав		1,8	1,8
22	Нормативный коэффициент экономической эффективности дополн. капит. Вложений	Ен	-	0,33	0,33
23	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

## 5.2 Расчет норм штучного времени на изменившиеся операции технологического процесса

Для определения штучного времени воспользуемся формулой:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (5.1)$$

где  $t_{n-з}$  – подготовительно-заключительное время,  $t_{n-з} = 0,05\%$  от  $t_0$

$t_0 = t_M$  – основное (машинное) время.

$t_в$  – вспомогательное время  $t_в = 10\%$  от  $t_0$ .

$t_{отл}$  – время на отдых и личные надобности  $t_{отл} = 5\%$  от  $t_0$ ;

$t_{обсл}$  – время обслуживания рабочего места  $t_{обсл} = 8\%$  от  $t_0$ ;

$t_{н.п}$  – время на неустраняемые перерывы, предусмотренные технологическим процессом,  $1\%$  от  $t_0$ .

Для механизированной сварки одного изделия (корпуса) время можно определить формуле:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

где:  $M_{напл.мет}$  – масса наплавленного металла, кг/м;

$I_{св}$  – сила сварочного тока, А;

$L_{ш}$  – длина сварных швов, м;

$\alpha_{напл}$  – коэффициент наплавки для электродуговой сварки 9 Г/А\*час.



Для расчета массы наплавленного металла воспользуемся формулой:

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

где  $\rho$  – плотность наплавленного металла, г/см<sup>3</sup> (для стали  $\rho = 7,8$  г/см<sup>3</sup>);

$F_{\text{н}}$  – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned} F_{\text{н}} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 + 33 = \\ &= 129 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

Для определения длины швов учтем, что продольный шов корпуса Лпш = 21000 миллиметров. Длина кольцевого шва при диаметре обечайки 2000 мм определится по формуле:

$$L_{\text{кш}} = 2000 \cdot 3,1415 = 9424,5 \text{ мм}$$

При длине одной обечайки 1500 мм на длину корпуса 21000 мм потребуется 14 обечаек, соединят которые 13 кольцевых швов.

$$\sum L_{\text{кш}} = 9424,5 \cdot 13 = 122518,5 \text{ мм}$$

Общая длина сварных швов составит

$$\sum L_{\text{ш}} = \sum L_{\text{кш}} + L_{\text{пш}} = 12251,85 + 2100 = 14351,85 \text{ см}$$

$$M_{\text{напл.мет.б}} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м.}$$

Базовый вариант:

$$t_{\text{об}} = \frac{60 \cdot 1,006 \cdot 143,518}{200 \cdot 9} = 4,81 \text{ час} = 288,75 \text{ мин.}$$

Формула для расчета машинного времени при выполнении швов автоматической сваркой под флюсом:

$$t_0 = \frac{60 \cdot L_{\text{ш}}}{V_{\text{св}}} \quad (5.4)$$

где  $V_{\text{св}}$  – скорость сварки, 30 м/час;

$L_{\text{ш}}$  – длина шва в изделии, м.

$$t_{\text{опр}} = \frac{60 \cdot 143,518}{40} = 215,277 \text{ мин.} = 3,587 \text{ час.}$$

Штучное время сведем в таблицу 5.3.

Таблица 5.3.

Вариант	$t_0$	$t_{в}$ 10%	$t_{отл}$ 5%	$t_{обсл}$ 8%	$t_{нп}$ 1%	$t_{шт}$
Базовый:	288,75	28,875	14,437	23,10	2,8875	358,049
Проект.	215,277	21,527	10,673	17,22	2,1527	266,849

Штучное время для базового варианта

$$t_{штб} = 358,049 \text{ мин.} = 5,967 \text{ час.}$$

Штучное время для проектного варианта

$$t_{штпр} = 266,849 \text{ мин.} = 4,447 \text{ час.}$$

### 5.3. Расчет капитальных вложений в оборудование

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.5)$$

где:  $K_{пр}$  – прямые капитальные вложения, руб.;

$K_{соп}$  – сопутствующие капитальные вложения, руб.

Прямые капитальные вложения рассчитаем по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{пр} = \sum C_{об} * k_з \quad (5.6)$$

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

$k_з$  – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, требуемого для выполнения заданной программы изготовления емкостей рассчитываем по формуле:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{пр} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.7)$$

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

$t_{шт}$  – штучное время на изготовление одной емкости, мин.;

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

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

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитаем по формуле:

$$k_z = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.8)$$

Фонд времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{np}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (5.9)$$

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;

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

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

$$n_{об.расчетнб} = \frac{200 * 358,049}{1812 * 60} = 0,65 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетнпр} = \frac{200 * 266,849}{1812 * 60} = 0,49 \text{ шт}$$

$$k_{зб} = \frac{0,65}{1} = 0,65$$

$$k_{зпр} = \frac{0,49}{1} = 0,49$$

$$K_{прб} = 85000 * 0,65 = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{прпр} = 2760000 * 0,49 = 135240 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываем только для проектного варианта:

$$K_{con} = K_{монт} + K_{дем} + K_{площ} \quad (5.10)$$

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

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

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

$$K_{монт} = \Sigma Ц_{об} * k_{монт} \quad (5.11)$$

где:  $k_{монт}$  – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{монт} = 2760000 * 0,2 = 552000 \text{ руб.}$$

$$K_{дем} = \Sigma Ц_{об} * k_{дем} \quad (5.12)$$

где:  $k_{дем}$  – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{дем} = 85000 * 0,2 = 17000 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{площ} = 10 * 3000 * 3 * 0,49 = 44100 \text{ руб}$$

$$K_{общ}^{БАЗ} = K_{пр} = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{общ}^{ПП} = 135240 + 552000 + 17000 + 44100 = 748340 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{уд}^{БАЗ} = 55250 / 200 = 220,5 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПП} = 748340 / 200 = 3741,7 \text{ руб.}$$

#### 5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

Затраты на материалы

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}}$$

Затраты на основные материалы остаются неизменными, поэтому они не учитываются

Затраты на вспомогательные материалы принимаем согласно сведений в картах техпроцесса предприятия, ТООЗ, для базового варианта:

$$ЗМ_{\text{СВБ}} = ЗМ_{\text{СВПР}} + ЗзГ$$

ЗзГ - защитный газ

$$ЗзГ = 4550,6 \text{ руб.}$$

ЗМ<sub>СВПР</sub> - сварочная проволока

$$З_{\text{ПР}} = 224175,42 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты:

$$ЗМ_{\text{СВБ}} = 224175,42 + 4550,6 = 228726,97 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы для проектного варианта

$$ЗМ_{\text{СВ}} = ЗМ_{\text{СВПР}} + ЗМ_{\text{фл}} \quad (5.23)$$

ЗМ<sub>фл</sub> – затраты на флюс

$$ЗМ_{\text{фл}} = 4992,40 \text{ руб.}$$

ЗМ<sub>СВПР</sub> - сварочная проволока

$$ЗМ_{\text{СВПР}} = 1164 \cdot 178,536 = 207192 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты

$$ЗМ_{\text{СВПР}} = 207192 + 4992,40 = 212184,4 \text{ руб.}$$

Затраты на энергию электрическую

$$З_{\text{э-э}} = \frac{Р_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{\text{КПД}} Ц_{\text{э-э}} \quad (5.31)$$

где  $Р_{\text{об}}$  – полезная мощность оборудования, кВт;

$Ц_{\text{э-э}}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия сварочного оборудования.

Полезную мощность оборудования рассчитаем по режимам сварки: сила тока и напряжение.

$$P_{обб} = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^Б = \frac{6 \cdot 4,812}{0,75} 2,2 = 84,70 \text{ руб.}$$

$$P_{обпр} = 600 \cdot 30 = 18000 \text{ Вт} = 18 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^{ПР} = \frac{18 \cdot 3,587}{0,8} 2,2 = 177,55 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание и эксплуатацию технологического оборудования  
 Определяем расходы на содержание и эксплуатацию сварочного  
 оборудования по формуле:

$$З_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (5.32)$$

где  $A_{об}$  – амортизационные отчисления на оборудование, руб.;

$P_{т.р}$  – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

Расходы на амортизацию оборудования

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * На_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} \quad (5.33)$$

где  $Ц_{об}$  – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$На_{об}$  – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{об}^Б = \frac{85000 \cdot 358,04 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 50,38 \text{ руб}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{2760000 \cdot 266,849 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 1212,54 \text{ руб.}$$

Расходы на текущий ремонт оборудования:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.34)$$

где  $H_{т.р}$  – норма отчислений на текущий ремонт оборудования,  $\approx 35\%$ ;

$$P_{тр}^{б} = \frac{85000 * 35 * 0,65}{1812 * 100} = 10,67 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{2760000 * 35 * 0,49}{1812 * 100} = 261,22 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$Z_{об}^Б = 50,38 + 10,67 = 61,05 \text{ руб.}$$

$$Z_{об}^{пр} = 1212,54 + 261,22 = 1473,76 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$Z_{плоч} = \frac{C_{плоч} * S_{плоч} * Ha_{плоч} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (5.35)$$

где:  $C_{плоч}$  – цена 1 м<sup>2</sup> производственной площади, руб.;

$Ha_{плоч}$  – амортизационные отчисления на здания, %;

$S_{плоч}$  – площадь под сварочное оборудование, м<sup>2</sup>;

$$Z_{плоч}^б = \frac{3000 * 18 * 2 * 358,04}{1812 * 100 * 60} = 3,58 \text{ руб.}$$

$$Z_{плоч}^{пр} = \frac{3000 * 31 * 2 * 266,84}{1812 * 100 * 60} = 4,61 \text{ руб.}$$

Расходы на заработную плату основных рабочих и отчисления на социальные нужды.

Фонд заработной платы основных рабочих определяется:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛосн} + \text{ЗПЛдоп.} \quad (5.36)$$

Затраты на основную заработную плату рассчитаем по формуле:

$$\text{ЗПЛосн} = t_{шт} \cdot Cч \cdot k_{зпл} \quad (5.37)$$

где  $Cч$  – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{шт}$  – время штучное, час;

$k_{зпл}$  – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{зпл} = k_{нр} * k_{вн} * k_{у} * k_{нф} * k_{н} \quad (5.38)$$

где  $k_{нр} = 1,25$  – коэффициент премирования;

$k_{вн} = 1,1$  – коэффициент выполнения норм;

$k_{у} = 1,1$  – коэффициент учитывающий доплату за условия труда;

$k_{нф} = 1,067$  – коэффициент учитывающий доплату за профессиональное мастерство;

$k_{н} = 1,133$  – коэффициент учитывающий доплаты за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,057 * 1,133 = 1,81$$

$$ЗПЛ_{осн}^Б = 5,967 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 808,83 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{осн}^{ПР} = 4,447 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 427,88 \text{ руб.}$$

Определим затраты на дополнительную заработную плату по формуле

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_{д}}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.39)$$

где  $k_{д}$  – коэффициент, учитывающий отчисления на дополнительную заработную плату, 10%.

Для базового варианта

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 808,83 \cdot 10 / 100 = 80,88 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 427,88 \cdot 10 / 100 = 42,78 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПб = 808,83 + 80,88 = 889,71 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПпр = 427,88 + 42,78 = 470,66 \text{ руб.}$$

Размер отчислений на социальные нужды

$$Осн = \PhiЗП \cdot Нсоц / 100 \quad (5.40)$$

где  $Нсоц$  – коэффициент отчислений на социальные нужды, 30 %.

Для базового варианта

$$О_{сн}^Б = 889,71 \cdot 30 / 100 = 266,91 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта



$$O_{CH}^{np} = 470,66 \cdot 30 / 100 = 141,20 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость

Для расчета технологической себестоимости суммируем все затраты

$$C_{\text{тех}} = 3M + 3\text{э-э} + 3\text{об} + 3\text{пл} + \text{ФЗП} + \text{Осн} \quad (5.41)$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^B = 228726,97 + 84,70 + 61,05 + 3,58 + 889,71 + 266,91 = 230032,92 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{PP} = 212184,4 + 177,50 + 1473,76 + 4,61 + 470,66 + 141,20 = 214452,13 \text{ руб.}$$

### 5.5 Цеховая себестоимость

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + R_{\text{цех}}; \quad (5.42)$$

где  $R_{\text{цех}}$  – сумма цеховых расходов, руб.

$$R_{\text{цех}} = 3\text{осн} \cdot k_{\text{цех}} \quad (5.43)$$

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

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

$$C_{\text{ЦЕХ}}^B = 230032,92 + 808,83 \cdot 2,5 = 230032,92 + 2022,07 = 232054,99 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{PP} = 214452,13 + 427,88 \cdot 2,5 = 214452,13 + 1069,7 = 215521,83 \text{ руб.}$$

### 5.6 Заводская себестоимость

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + R_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + k_{\text{зав}} \cdot 3\text{осн} \quad (5.44)$$

где  $R_{\text{зав}}$  – сумма заводских расходов, руб.

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

$$C_{\text{ЗАВ}}^B = 232054,99 + 808,83 \cdot 1,8 = 13125,40 + 1485,89 = 233510,89 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{PP} = 215521,83 + 427,88 \cdot 1,8 = 215521,83 + 770,18 = 216292,01 \text{ руб.}$$

### Калькуляция себестоимости

Таблица 5.4 – Калькуляция себестоимости изготовления

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Расходы на материалы	М	228726,97	212184,4

2	Расходы на оборудование	Зоб	61,05	1473,76
3	Расходы на площади	Зпл	3,58	4,61
4	Фонд заработной платы	ФЗП	889,71	470,66
5	Отчисления на социальные нужды	Осн	266,91	141,20
	Себестоимость технологическая	Стех	230032,92	214452,13
6	Расходы цеховые		2022,07	1069,7
	Себестоимость цеховая	Сцех	232054,99	215521,83
7	Расходы заводские		1485,89	770,18
	Себестоимость заводская	Сзав	233510,89	216292,01

### 5.7 Экономическая эффективность проекта

Ожидаемая прибыль от снижения себестоимости изготовления корпуса

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.z.} = \left( C_{зав}^б - C_{зав}^{np} \right) \cdot N_{np} \quad (5.45)$$

$$\mathcal{E}_{y.z.} = (233510,89 - 216292,01) \cdot 200 = 3443775,2 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определим по формуле

$$\mathcal{E}_Г = \left[ (C_{зав}^Б + E_H \cdot K_{уд}^Б) - (C_{зав}^{ПП} + E_H \cdot K_{уд}^{ПП}) \right] \cdot N_{pp} \quad (5.46)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(233510,89 + 0,33 \cdot 220,5) - (216292,01 + 0,33 \cdot 3741,7)] \cdot 200 = 3211425 \text{ руб.}$$

Определим показатель снижения трудоемкости

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.47)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{358,049 - 266,849}{358,049} \cdot 100\% = 25\%$$

Повышение производительности труда рассчитаем по формуле

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.48)$$

$$П_T = \frac{100 \cdot 25}{100 - 25} = 33\%$$

Изменение величины заводской себестоимости

$$\Delta C_{зав} = \frac{C_{зав}^{БАЗ} - C_{зав}^{ПП}}{C_{зав}^{БАЗ}} \cdot 100\% \quad (5.49)$$

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{233510,89 - 216292,01}{233510,89} \cdot 100\% = 7\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений составит

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{вг}}} \quad (5.50)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{748340}{3443775,2} \approx 0,5 \text{ года}$$

Определим коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} \quad (5.51)$$

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ года}$$

#### Выводы по разделу

За счет применения более производительного способа сварки удалось снизить трудоемкость в проектном варианте, в сравнении с базовым, на 25%. Производительность труда повысилась на 33%.

Для закупки необходимого оборудования требуются капитальные затраты в размере 748340 руб. Срок их окупаемости составит примерно 0,5 года. При внедрении результатов проекта ожидается получение годового экономического эффекта в размере 3211425 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ базового технологического процесса показал, что причиной главных его недостатков является низкий уровень автоматизации процесса дуговой сварки.

В работе рекомендована замена механизированной сварки на автоматическую. Кроме того, для сварки больших толщин рекомендован способ сварки под флюсом, при котором величина сварочного тока, следовательно и скорость сварки больше.

Разработан технологический процесс автоматической сварки под флюсом, выбрано необходимое для реализации разработанного процесса оборудование.

Применение указанных технических решений позволяет повысить производительность труда.

За счет внедрения разработанных технических решений планируется получить годовой экономический эффект 3211425 руб. Цель проекта достигнута

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козулин М.Г. Производство сварных конструкций: Учебн. пособие к дипломному проектированию [Текст] / М.Г. Козулин. – Тольятти: ТолПИ, 1991 – 62 с.
2. Быковский О.Г., Петренко В.Р., Пешков В.В. Справочник сварщика [Текст] / О.Г. Быковский, В.Р. Петренко. - М.: Машиностроение, 2011. – 336 с.
3. Маслов В.И. Сварочные работы: Учеб. для нач. проф. Образования [Текст] / В.И. Маслов.- М.: ИРПО, Изд. центр «Академия», 1999, 240 с.
4. 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.
5. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
6. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац.- 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
7. Чернышов Г.Г., Мордынский В.Г. Справочник молодого электросварщика по ручной сварке: Справ. пособие для средних ПТУ [Текст] / Г.Г. Чернышов, В.Г. Мордынский.- М.: Машиностроение, 1987.- 112 с.
8. Беляков, Г. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве. Охрана труда [Текст] / Г. И. Беляков. – М.: Издательство: Лань, 2006. – 511 с.
9. Чернышов Г.Г. Сварочное дело. Сварка и резка металлов. Учебник для начального профессионального образования. - М. ИРПО. Профобориздат. 2002
10. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов [Текст] / В. А. Щекин. - Изд. 2-е, перераб. - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
11. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов [Текст] / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.

12. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т. 2. Технология и оборудование. Справ. изд./Под ред. В.М. Ямпольского. – М.: Издательство МГТУ им. Баумана, 1997. - 574 с.
13. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин [и др.] // М.: Машиностроение. – 1989. – 640 с.
14. Козулин М. Г. Технология сварочного производства и ремонта металлоконструкций: учеб. пособие для вузов / М. Г. Козулин. - ТГУ; Гриф УМО. - Тольятти: ТГУ, 2010. - 306 с.
15. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник.– М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
16. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
17. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
18. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
19. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
20. 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
21. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
22. Экономика предприятия: Учебник для вузов / В.Я. Горфинкель, Е.М. Купряков, В.П. Прасолова и др.; Под ред. проф. В.Я. Горфинкеля, проф. Е.М. Купрякова, - М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1996. – 367 с.
23. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.

24. Сварка и резка материалов: Учебное пособие / М.Д. Банов, Ю.В. Казаков, М.Г. Козулин и др.: Под ред. Ю.В. Казакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 400 с.
25. Кортес А.П. Сварка, резка, пайка металлов. – М.: Аделант, - 2007. – 192 с.
26. Косинцев В.И., Михайличенко А.И., Крашенинникова Н.С., Миронов В.М. Основы проектирования химических производств и оборудования. – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.