

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «ЗФ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ М.А.

Иванов \_\_\_\_\_ 2020

г.

Совершенствование технологии изготовления корпуса биореактора  
переработки органических отходов предприятий  
агропромышленного комплекса

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
**К выпускной КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ**

Руководитель работы Данилкин, П. А.

Автор работы студент группы ПЗ-540

Любченко, А.А.

Нормоконтролёр старший  
преподаватель

\_\_\_\_\_ Ю.В. Безганс

Челябинск, 2020

## АННОТАЦИЯ

Любченко А.А. Совершенствование технологии изготовления корпуса биореактора переработки органических отходов предприятий агропромышленного комплекса – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», факультет; 2020, количество страниц 63 с. , 24 ил., библиогр. список – 18 наим., 6 листов чертежей ф.А1

В данном дипломном проекте усовершенствуется технология сборки и сварки корпуса биореактора. С этой целью проанализирован базовый вариант конструкции и технологического процесса ее изготовления. Даны проектные приложения по его усовершенствованию и на основе этих предложений разработан новый вариант технологического процесса изготовления корпуса биореактора. В дипломном проекте с целью усовершенствования базового варианта предлагается:

- для сварки горизонтальных швов применять автоматическую сварку в среде защитных газов.
- для сварки кольцевых швов использовать автоматическую сварку в среде защитных газов. Для сварки применить сварочную колонну с навесной головкой. Для позиционирования изделия использовать роликовый вращатель;
- одновременно с этим заменить источник питания сварочной дуги и подобрать сварочную проволоку и защитную среду;
- использовать рентгеновскую дефектоскопию, для выявления внутренних дефектов
- включить в контрольные операции испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии

В проекте большое внимание уделено безопасности жизнедеятельности.

					<b>15.03.01.2020.607.00 ПЗ</b>			
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Любченко А.А.				Совершенствование технологии изготовления корпуса реактора переработки органических отходов предприятий агропромышленного комплекса	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	Данилкин П.А.					Д	4	63
<i>Н. конт.</i>	Безганс Ю.В.					ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра ОиТСП		
<i>Утв.</i>	Иванов М.А.							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	6
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ .....	7
1.1 Анализ конструкции изделия .....	7
1.2 Оценка технологичности .....	10
1.3 Материал изделия и его свариваемость .....	10
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	14
2.1 Базовый вариант технологического процесса .....	14
2.1.2 Анализ существующей технологии.....	20
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.....	20
2.3 Выбор способа сварки.....	21
2.4 Выбор сварочных материалов.....	22
2.5 Расчет режимов сварки .....	23
2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования.....	34
2.6.1 Описание конструкции роликового стенда .....	34
2.6.2 Описание конструкции сварочной установки .....	39
3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	44
3.1 Способы и средства контроля качества .....	44
3.2 Допустимые и недопустимые дефекты .....	45
3.3 Оборудование для проведения контроля .....	46
3.4 Методика проведения контроля.....	48
3.5 Испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии .....	51
4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	52
4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов.....	52
4.2 Техника безопасности при проведении сварочных работ.....	53
4.3 Обеспечение электрической безопасности .....	56
4.4 Обеспечение пожарной безопасности.....	58
4.5 Безопасность при работе с подъемными устройствами .....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	61
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	62

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

## ВВЕДЕНИЕ

Мы посчитали актуальной темой нашей работы, поскольку в настоящее время в развитых странах имеется тенденция к переходу на возобновляемые источники энергии и экологически чистые типы производств. Использование реакторов перерабатывающих биологические отходы может иметь существенное значение для улучшения экологической обстановки по нескольким причинам. Данные реакторы вырабатывают биогаз, который можно сжигать и получать экологически чистую тепловую энергию, позволяют утилизировать отходы, а также синтезировать органические удобрения и кормовые добавки для животноводства.

В Челябинске на производственном предприятии «Интрай» с 2012 года выпускаются биогазовые реакторы объемом 54,6 м<sup>3</sup> и производительность 3-4 тонны биомассы в сутки. Основной и наиболее трудоемкой в изготовлении частью биореактора является его корпус. Поэтому мы посчитали практически значимым совершенствование существующей на предприятии технологии сборки и сварки корпуса биореактора.

Целью работы является изучение и анализ существующей технологии, выявление основных недостатков. На основе данного анализа мы предложим мероприятия, которые снизят трудоемкость и влияние человеческого фактора на производства, снизят затраты на заработную плату и сварочные материалы, а также улучшат качество продукции и условия труда на предприятии.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

# 1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

## 1.1 Анализ конструкции изделия

Биоэнергетическая установка (рис. 1.1) предназначена для переработки органических отходов предприятий АПК с целью:

- получения альтернативных источников энергии (тепловой, электрической)
- производство экологически чистых органических удобрений и кормовых добавок для животноводства (твердой фазы), производства жидкой фазы (фугата)
- улучшения экологической обстановки в местах образования отходов.

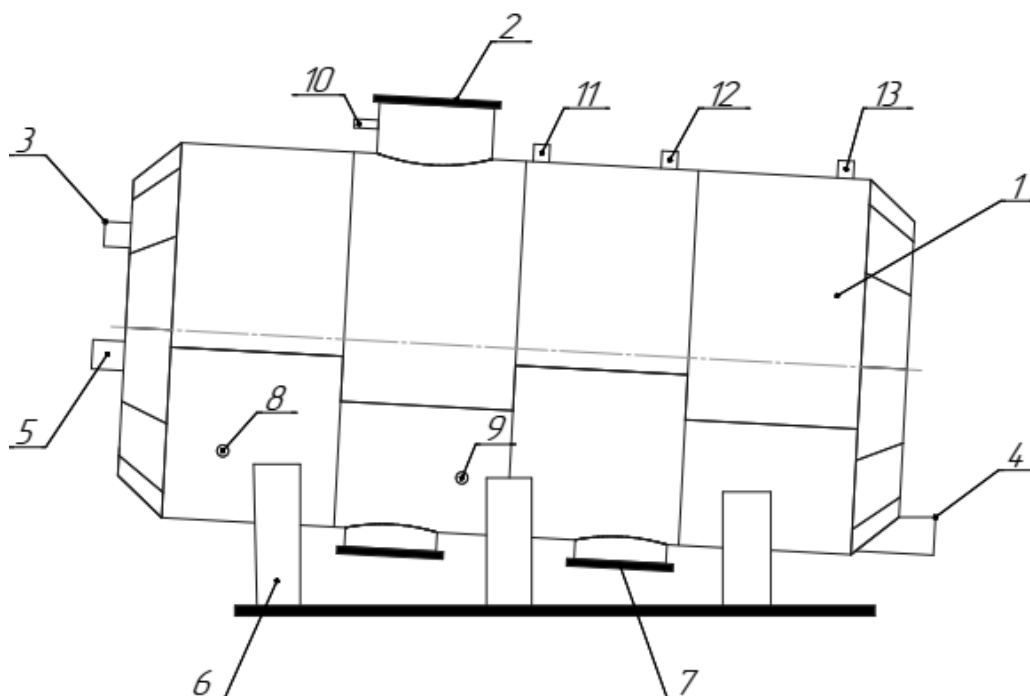


Рисунок 1.1 – Схема биореактора

1- корпус; 2 – колпак для сбора газа с патрубком для выхода биогаза; 3 – патрубок для ввода биомассы; 4 – патрубок вывода отработанной биомассы; 5 – полумуфта; 6 – перегородка; 7 – люк-лаз; 8 – отверстие для измерения температуры; 9 – отверстие для взятия проб рН; 10 – патрубок для выхода биогаза; 11 – отверстие для манометра; 12 – патрубок для подвода воды; 13 – патрубок для подвода кислоты.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		7

В биогазовой установке осуществляется биохимический и микробиологический процессы разложения содержащихся в отходах органических веществ. При этом под воздействием анаэробных бактерий происходят процессы, сопровождающиеся выделением биогаза и минерализацией азотсодержащих, фосфорсодержащих и калийсодержащих органических соединений

На первой стадии сырье смешивается с водой до однородной массы. На второй стадии полученный субстрат из резервуара предварительного накопления подается в реактор. Реактор является газонепроницаемым, полностью герметичным резервуаром из нержавеющей стали. Внутри реактора находится система смешивания, которая используется для равномерного перемещения субстрата внутри реактора. Биогаз собирается в газгольдере. Из газгольдера идет непрерывная подача в энергетическую установку.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика биореактора

Наименование	Значение показателей
Вырабатываемая тепловая мощность при сжигании биогаза, кВт	380
Переработка биомассы в сутки, т	3-4
Объем биореактора, м <sup>3</sup>	54,6
Объем биомассы в реакторе, м <sup>3</sup>	40
Выработка биогаза, м <sup>3</sup> /сут	2636
Производительность установки, т/год	1460
Габариты реактора: высота, мм	4200
диаметр, мм	3290
длина, мм	6700
Вес, т	9,7

В выпускной квалификационной работе рассмотрим технологию изготовления детали «Корпус реактора» (рис. 1.2). Деталь является наиболее трудоемкой в изготовлении и требует высокой квалификации сварщика. Поэтому оптимизация и механизация технологического процесса может внести существенный вклад в удешевление себестоимости изделия.

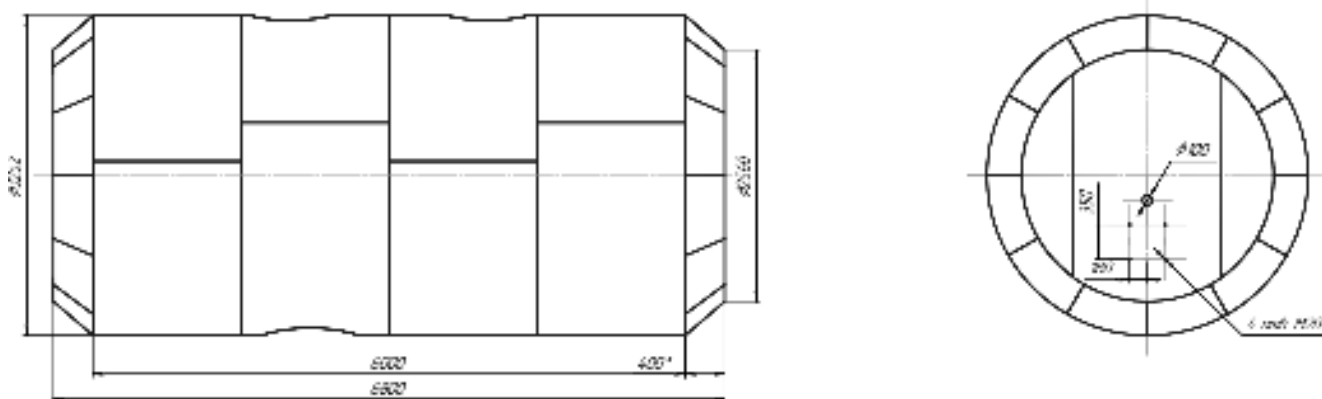


Рисунок 1.2 – Корпус реактора

Деталь представляет собой сварную обечайку, состоящую из листов коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т толщиной 6 мм. Обечайка, как деталь имеющая ось вращения, обладает высоким потенциалом для механизации сварки.

Листы для обечаек и торцевые детали изготавливаются методом плазменной резки. Корпус собирается полистовым методом и свариваются дуговой сваркой плавящимся электродом в среде защитных газов. Сварные швы выполняются по ГОСТ 14771-76.

Деталь работает под давлением до 3 бар, потому сварные швы должны быть прочными, плотными и достаточно пластичными. Внутренняя поверхность реактора в процессе работы контактирует с химически агрессивной средой, поэтому предъявляются повышенные требования к химическому составу основного металла и присадочной проволоки. Кроме того к работе допускаются только высококвалифицированные сварщики, поскольку перегрев металла может привести к выгоранию легирующих элементов и потере свойств коррозионной стойкости. Также необходимо избегать налипания сварочных брызг на основной металл, т.к в последующем эти места будут являться очагами коррозии.

## 1.2 Оценка технологичности

Все детали и узлы конструкции могут быть изготовлены при помощи стандартного оборудования, деталь является технологичной и не требует изменения конструкции.

## 1.3 Материал изделия и его свариваемость

Рассмотрим сталь 12X18H10T. Данная сталь используется в тяжелой и легкой промышленности для изготовления деталей, работающих при температурах, не превышающих 600 °С. Также, она используется при изготовлении сварных аппаратов и сосудов, которые работают в различных растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, а также в растворах щелочей и солей. Она может применять и для иных изделий, работающих под давлением при температуре от -196 до +600 °С. В агрессивных же средах рабочая температура не должна превышать значения +350 °С.

Химический состав стали 12X18H10T регламентируется ГОСТ 5632-2014 «Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки». Массовая доля химических элементов в стали 12X18H10T показана в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 – Массовая доля химических элементов в стали 12X18H10T

C	Si	Mn	Ti	S	P	Cr	Ni
Не более							
0,12	0,8	2,0	0,6	0,02	0,04	17,0...19,0	9,0...11,0

Механические свойства стали 12X18H10T регламентируются требованиями ГОСТ 9941-81. Они представлены в таблице 1.2.2.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			10



Таблица 1.2.2 – Механические свойства стали 12Х18Н10Т

Предел текучести $\sigma_T$ , МПа, не менее	Предел прочности $\sigma_B$ , МПа, не менее	Относительное удлинение $\delta_5$ , %, не менее
216	549	35

Нержавеющие стали имеют высокий коэффициент теплового расширения, что затрудняет сварку таких изделий. При нагреве сталь быстро расширяется, а при охлаждении межатомные расстояния приводятся к прежнему значению. Если нагрев будет слишком резким либо будет слишком быстрое охлаждение, то в сварном соединении появятся горячие трещины, а после остывания также и холодные. Поэтому, при разработке технологии сварки конструкций из аустенитных марок сталей должны применяться такие режимы и техника, которые обеспечивают малое тепловложение и компенсацию остаточных деформаций.

В настоящее время при изготовлении конструкций из нержавеющей стали отсутствует методика определения эквивалента углерода, поэтому, склонность сталей аустенитного класса к образованию трещин определяется по методике, основанной на определении эквивалентного содержания хрома ( $Cr_{ЭКВ}$ ) и никеля ( $Ni_{ЭКВ}$ ). Полученная структура сварного шва оценивается по структурной диаграмме Шеффлера, которая представлена на рисунке 1.3.

По этой диаграмме возможно определить полученную структуру сварного шва, а также, исходя из этого, определить комплекс мероприятий для обеспечения характеристик рассматриваемой стали.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		11

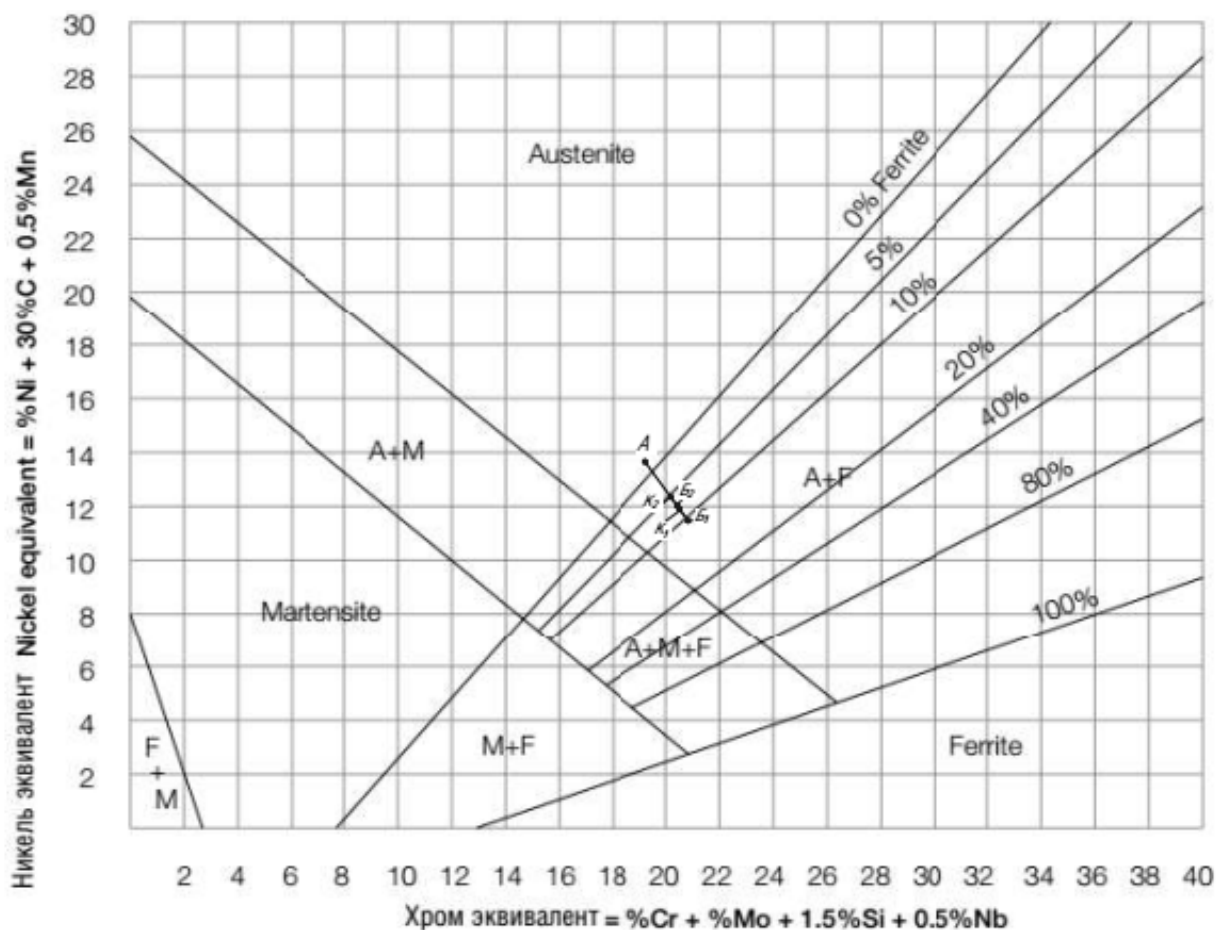


Рисунок 1.3 – Структурная диаграмма Шеффлера

Определим эквивалент хрома для основного металла по формуле

$$Cr_{\text{экв}} = Cr + Mo + 1,5Si + 0,5Nb = 18 + 0 + 1,5 \cdot 0,8 + 0 + 0 = 19,2.$$

Эквивалент никеля определим по формуле

$$Ni_{\text{экв}} = Ni + 30C + 0,5Mn = 10 + 30 \cdot 0,12 + 0,5 \cdot 0,2 = 13,7$$

Отметим точку *A* с координатами (19,2; 13,7) на диаграмме Шеффлера.

Аналогично сделаем расчет для присадочного металла. Производителем сварочных материалов для сварки высоколегированной коррозионностойкой стали 12X18H10T рекомендованы проволоки ОК Autrod 347 и ОК Autrod 308L

Таблица 1.2.3 – Химический состав рекомендованных производителем сварочных проволок

Марка проволоки	C	Si	Mn	Mo	Nb	Cr	Ni
ОК Autrod 308L	0,02	0,4	1,8	0.2	0	20,0	10,0
ОК Autrod 347	0,04	0,4	1,7	0.1	0.8	19,3	10,0

Произведем вычисления:

1. Для ОК Autrod 308L проволоки эквивалент хрома и никеля

$$Cr_{\text{эКВ}} = Cr + Mo + 1,5Si + 0,5Nb = 20 + 0,2 + 1,5 \cdot 0,4 + 0 = 20,8$$

$$Ni_{\text{эКВ}} = Ni + 30C + 0,5Mn = 10 + 30 \cdot 0,02 + 0,5 \cdot 1,8 = 11,5$$

2. Для ОК Autrod 347

$$Cr_{\text{эКВ}} = Cr + Mo + 1,5Si + 0,5Nb = 19,3 + 0,1 + 1,5 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,8 = 20,4$$

$$Ni_{\text{эКВ}} = Ni + 30C + 0,5Mn = 10 + 30 \cdot 0,04 + 0,5 \cdot 1,7 = 12,05$$

Отметим точки  $B_1(20,8;11,5)$  и  $B_2(20,4;12,05)$  на диаграмме Шеффлера. Проводим прямые  $AB_1$  и  $AB_2$ , далее отмечаем на проведенных прямых точки соответствующие процентной доле участия каждого металла в сварном шве. Для автоматической сварки в среде защитных газов эта доля будет приблизительно равна 30%. Как видим, обе точки находятся недалеко друг от друга в зоне, соответствующей процентному содержанию феррита 5-10%.

Такое содержание ферритной фазы является наиболее оптимальным, поскольку известно, что сварные швы содержащие только аустенитную фазу, при кристаллизации более чувствительны к образованию горячих трещин. В значительной степени это происходит вследствие большей растворимости в феррите легирующих элементов и примесей, способствующих образованию горячих трещин. С другой стороны аустенит является более вязким и более ковким, чем феррит, особенно, при низких температурах, он не является ферромагнетиком и менее склонен к образованию хрупких фаз при повышенных температурах.

Можно сделать вывод, что обе рекомендованные проволоки подходят для сварки нашей детали. Поэтому выберем наиболее доступную по цене.

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ				

## 2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Базовый вариант технологического процесса

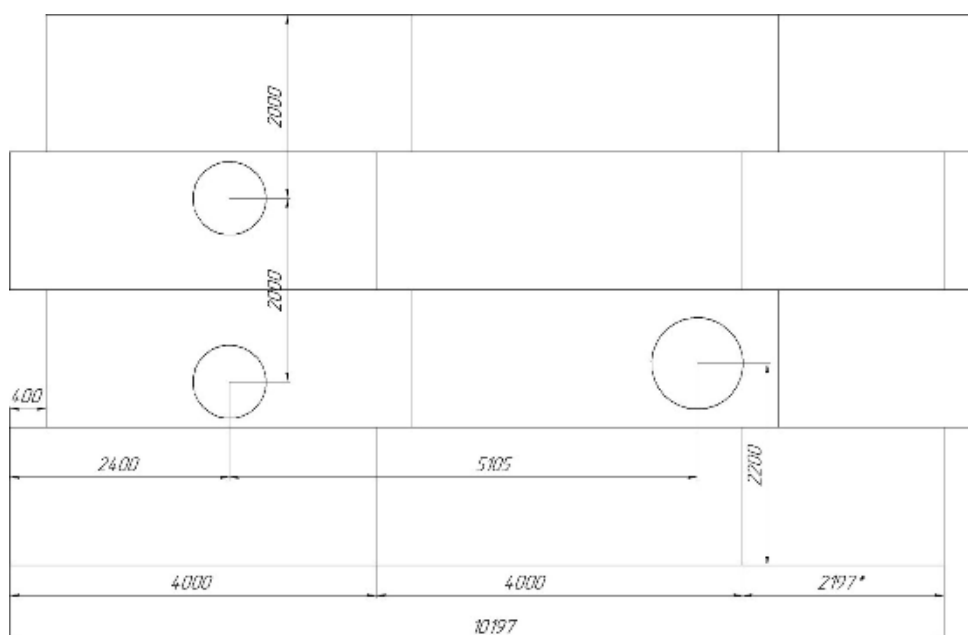


Рисунок 4 – Карта сборки корпуса реактора

Изготовление деталей производится на заготовительном участке. Заготовки приходят в цех в виде листов шириной 1500 мм и длиной 4000 мм. Сталь предназначенная для изготовления корпуса реактора, проходят операцию входного контроля, на которой сверяются сертификатные данные на металл, а также проводится проверка геометрических параметров. Вся сталь, из которой изготавливается, рассматриваемое изделие должна иметь сертификат соответствия.



Рисунок 2.1 - Ножницы кривошипные листовые гильотинные Н3121

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ				

Листы стали нарезаются в размер с соответствии с картой сборки (см. рис. 2.1). Для нарезания используются гильотинные ножницы Н3121. Далее вырезаются отверстия для установки патрубков и люков там где это необходимо. Для вырезания отверстий используется машина плазменной резки с ЧПУ. Также при помощи плазменной резки изготавливаются торцевые детали корпуса и листовые детали, предназначенные для изготовления конических обечайки (рис. 2.2).

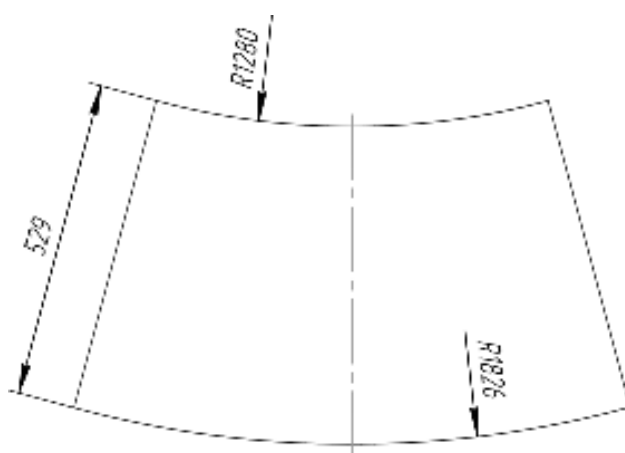


Рисунок 2.2 – Сегмент конической обечайки

Далее на листах производится подготовка кромок под сварку. Листы центральных и конических обечайки свариваются по ГОСТ 14771-76.

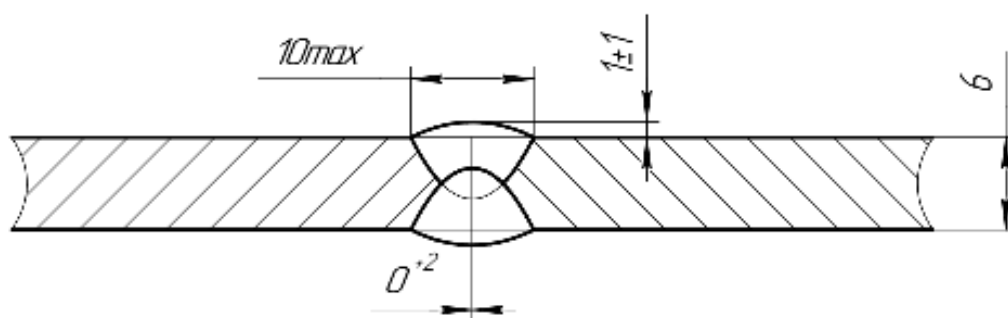


Рисунок 2.3 – Шов С7 ГОСТ 14771-76

Согласно ГОСТ кромки шва не требуют разделки, несмотря на это высоколегированная коррозионностойкая сталь должна быть подготовлена, поскольку качество сварки сильно зависит от чистоты свариваемых поверхностей, поэтому свариваемые кромки зачищаются от грязи и верхнего оксидного слоя при помощи шлифмашинки и обезжириваются растворителем.

										Лист
										15
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ					

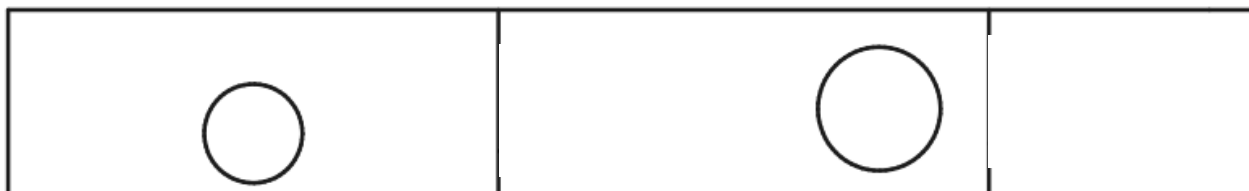


Рисунок 2.4 – Заготовка для обечайки

Сварка проходит в три этапа сначала обечайки свариваются в полосы (рис. 2.4), затем полосы скручиваются в обечайки на трехвалковом листогибе, после чего обечайки стыкуются между собой и обвариваются.

Сварка производится полуавтоматом ПДГ-351, сварочной проволокой ER-316LSi диаметром 1.2 мм. В качестве защитного газа используется сварочная смесь K18, содержащая 82% аргона и 18% углекислого газа. К работе допускается сварщик не ниже 6 разряда, имеющий допуск к сварке коррозионностойких сталей.



Рисунок 2.5- Сварочный полуавтомат ПДГ-351

Таблица 2.1 – Технические характеристики сварочного полуавтомата ПДГ-351

Характеристика	Значение
Напряжение питания, В	3x380
Частота, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А	315
Диапазон регулирования сварочного тока, А	40~380
Номинальное рабочее напряжение, В	30
Потребляемая мощность при номинальном токе, кВА	17

Продолжение таблицы

Напряжение на холостом ходу, В	42
Мощность электродвигателя подающего механизма, Вт	145
Номинальный режим работы ПВ при цикле 5 мин., %	70
Количество ступеней регулирования	20
Диаметр проволоки, мм	0,8-1,6
Количество пар подающих роликов	2
Тип разъема горелки	KZ-2
Пределы регулирования скорости подачи проволоки, м/ч	70~960
КПД, %	77
Масса, кг	114
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	640x490x820

Сварка ведется в нижнем положении обратноступенчатым способом от середины к краям. Длина участка не более 200 мм. После сварки шов осматривается на наличие видимых дефектов, затем с обеих сторон снимается усиление при помощи шлифмашинок.

Таблица 2.1.1 – Режимы сварки швов С2

$I_{св}$ , А	$U_{д}$ , В	$V_{под}$ , см/с	$V_{св}$ , см/с	$Q_{г}$ , л/мин
250	22	7	0,9	15

Обечайки вальцуются на трехвалковой листогибочной машине ИБ2222



Рисунок 2.6 – Машина листогибочная трехвалковая ИБ2222

Обечайка снимается со станка мостовым краном и отправляется к месту сварки. Обечайка стыкуется при помощи специальных стяжек (см. рис. 2.7). Стяжка состоит из двух винтовых трубочин 1 и 3, связанных двумя винтами 2 и 4 с правой и левой резьбой каждый. Кромки обечаек закрепляют в трубочинах, после чего винтом 4 выравнивают, а винтом 2 стягивают до необходимого между ними зазора. Стыковой шов собирается на прихватки и затем проваривается. Режимы сварки и оборудование такие же на предыдущем этапе.

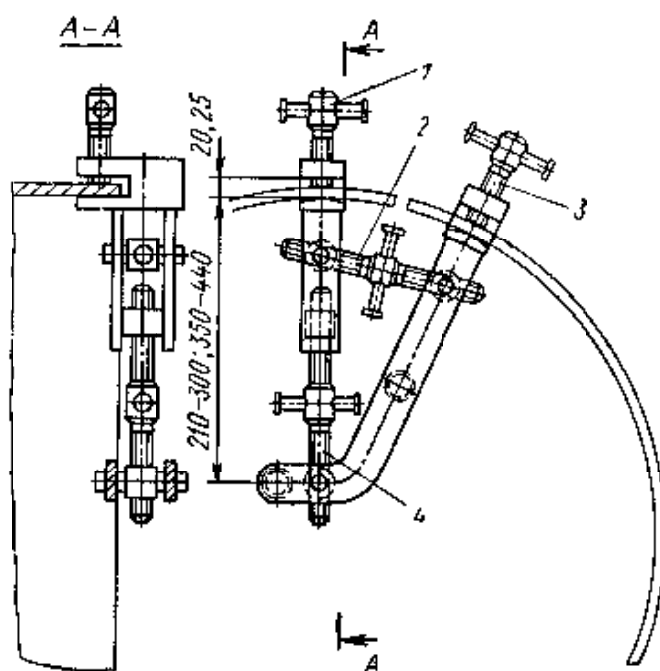


Рисунок 2.7 – Стяжка для сборки продольного стыка обечаек

После того как готовы все четыре обечайки начинается процесс сборки корпуса. Обечайки устанавливаются краном на специальный стапель. И собираются на прихватки длиной 3-5 см. Для придания цилиндричности используются винтовые распорки. Распорка состоит из двух винтов с правой и левой резьбой, соединенных талрепом (рис. 2.8).

Сборку выполняет бригада из трех человек: сварщик и два слесаря. Один из слесарей должен иметь допуск на управление грузоподъемными механизмами с пола. Корпус кантуется при помощи кран балки. Обечайки собираются на

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ					



прихватки длиной 3-5 см. Затем прихватки зачищаются при помощи шлифмашинки.

Сварка кольцевых швов производится сварочным полуавтоматом в среде защитных газов. Оборудование, расходные материалы и параметры режима сварки применяются такие же как при сварке горизонтальных швов. Сварка выполняется с двух сторон одним или двумя сварщиками, имеющими допуск к сварке коррозионностойких сталей. Для уменьшения нагрева основного металла сварка ведется обратноступенчатым способом короткими участками длиной не более 200 мм. Корпус кантуется при помощи кран балки.

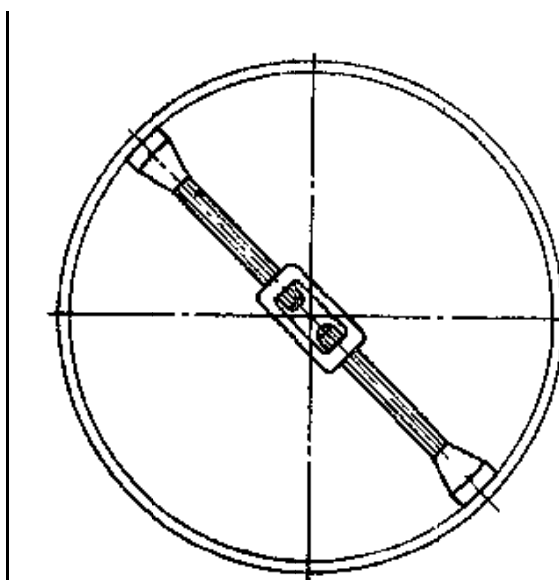


Рисунок 2.8 – Винтовая распорка

После окончания сварки проводится визуальный контроль на наличие видимых дефектов сварных швов. При визуальном контроле не допускаются следующие виды дефектов:

- трещины всех направлений и видов;
- поры, выходящие на поверхность;
- несоответствие геометрических параметров швов требованиям документации;
- подрезы глубиной более 1 мм;
- брызги расплавленного металла.

При их обнаружении, участок шва имеющий брак вырезается шлифмашинкой и производится повторная сварка.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		19

## 2.1.2 Анализ существующей технологии

Основным недостатком существующей технологии является применение полуавтоматической сварки в среде защитных азотов. При этом способе к работе необходимо привлекать только высококвалифицированных сварщиков. Впрочем, несмотря на это опыт показывает, что даже, привлекая квалифицированных рабочих, не удастся добиться высокого качества изделия. Это объясняется тем, что при сварке высоколегированных сталей, даже небольшое отклонение от технологии может привести к сильному ухудшению качества (выгоранию легирующих элементов, значительному короблению металла и т.д)

Также к отрицательным факторам полуавтоматической сварки в среде защитных газов можно отнести:

- большое время на зачистку сварных швов.
- низкая автоматизация при сварке.

Данные факторы снижают производительность и ухудшают условия труда.

Кроме того на предприятии отсутствует технологическая документация, и назначение параметров режима сварки осуществляется сварщиком, что ведет неоптимальному использованию рабочего времени и перерасходу сварочных материалов.

Также можно видеть, что выходной контроль недостаточен для обеспечения качества изделия, в частности существующими методами контроля невозможно выявить внутренние дефекты шва.

## 2.2 Проектируемый вариант технологического процесса

Для устранения вышеуказанных факторов, а также для уменьшения их влияния на производительность предлагается применить следующие мероприятия:

- для сварки горизонтальных швов применять автоматическую сварку в среде защитных газов.

										Лист
										20
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ					

- для сварки кольцевых швов использовать автоматическую сварку в среде защитных газов. Для сварки применить сварочную колонну с навесной головкой. Для позиционирования изделия использовать роликовый вращатель;
- одновременно с этим заменить источник питания сварочной дуги и подобрать сварочную проволоку и защитную среду;
- для уменьшения времени на зачистку применить специальное антипригарное средство.
- рассчитать оптимальные параметры режима сварки
- использовать рентгеновскую дефектоскопию, для выявления внутренних дефектов
- провести испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии

### 2.3 Выбор способа сварки

Основными способами сварки высоколегированных сталей являются: ручная дуговая сварка покрытыми электродами, механизированная сварка в среде защитных газов, автоматическая под слоем флюса, а также сварка неплавящимся электродом в среде инертных газов. Лазерную и плазменную сварку исключаем из-за сложности и высокой стоимости оборудования. Ручная и аргодуговая сварка нам также не подходят из-за большой протяженности швов и, вследствие этого, высокой трудоемкости. Остается механизированная в среде защитных газов и автоматическая под флюсом. Сравнительная характеристика данных способов сварки представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.1 – Сравнительная характеристика сварки под слоем флюса и в среде защитных газов по показателям технологичности

Показатель технологичности	Сварка под флюсом	Сварка в среде защитных газов
Легирование металла шва	Через флюс и присадочную проволоку	Через присадочную проволоку
Внешний вид шва	Шов ровный, с минимальной чешуйчатостью, с плавным переходом от шва к основному металлу	Поверхность шва чешуйчатая крупночешуйчатая, с более резким переходом к основному металлу

Продолжение таблицы

Санитарно-гигиенические требования	Выделение токсических веществ, необходима вентиляция	Повышенная загазованность, излучение, необходима вентиляция и защита от излучения
Производительность расплавления электродного металла	Высокая	Средняя
Выгорание легирующих элементов	Минимальное	Повышенное
Наблюдение за сварочной дугой	Не выполняется	Выполняется
Степень защиты сварочной дуги	Высокая	Средняя

При сравнении двух способов автоматической сварки, несмотря на указанные недостатки, наиболее оптимальным является способ автоматической сварки в среде защитных газов. Выбор данного способа основан на том, что при сварке высоклегированных сталей под флюсом невозможно обеспечить необходимую скорость охлаждения металла шва, т.к. шлаковая корка затрудняет теплообмен. Данное обстоятельство влечет за собой перегрев металла и потерю антикоррозионных свойств металла шва и околошовной зоны.

#### 2.4 Выбор сварочных материалов

Сварку будем производить в среде защитных газов сварочной проволокой марки ОК Autrod 308L. В качестве защитной среды будем использовать сварочную смесь M12 (ГОСТ Р ИСО 14175-2010), содержащую 98%Ar, 2%CO<sub>2</sub>. Расход газа 15 л/мин.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		22

## 2.5 Расчет режимов сварки

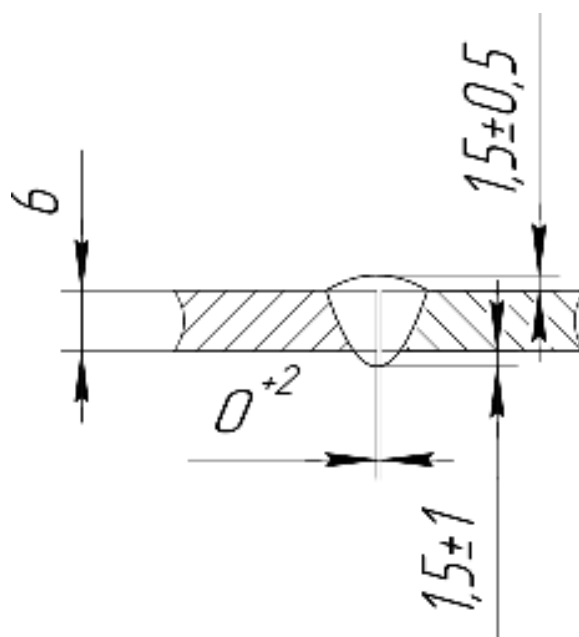


Рисунок 2.9 – Конструктивные элементы сварного шва С2 ГОСТ14771-76

Сварка производится в нижнем положении. Вид сварного шва показан на рисунке 2.9.

Назначаем ориентировочную силу сварочного тока обеспечивающую требуемую глубину провара по формуле

$$I_{св} = \frac{H_1}{k_h} 100, \quad (1)$$

где  $H_1$  – требуемая глубина провара, равная толщине листа, мм;

$k_h$  – коэффициент, зависящий от условий проведения сварки, для сварки в среде защитных газов  $k_h = 1,6$

$$I_{св} = \frac{6}{1,6} \cdot 100 = 375, \quad (2)$$

Далее выбираем диаметр электрода по плотности сварочного тока [5, таблица 10]

$$d_э = 2 \text{ мм};$$

$$j = 119,5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}.$$

Для сохранения геометрического подобия ванны произведение  $I_{св}v_{св}$  должно поддерживаться в определенных пределах  $I_{св}v_{св} = P$ . Эмпирически установлено,

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		23

что значение  $P$  следует принимать в пределах 8000 – 12000 для проволоки диаметром  $d_3 = 2$  мм. Тогда

$$v_{CB} = \frac{P}{I_{CB}} = \frac{12000}{375} = 32 \frac{\text{М}}{\text{ч}} = 0,88 \text{ см/с} \quad (3)$$

Вылет электрода назначаем из условия

$$l_3 \approx 10d_3 = 16 \text{ мм}$$

Для принятого диаметра электрода и силы сварочного тока определим оптимальное напряжение дуги

$$U_d = 20 + 0,02 \cdot I_{CB} \pm 1 = 20 + 0,02 \cdot 375 \pm 1 = 26,5 \text{ В.} \quad (4)$$

Рассчитаем погонную энергию по формуле

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 I_{CB} U_d \eta}{v_{CB}}, \quad (5)$$

где  $q_{\Pi}$  – величина погонной энергии, кал/см;

$\eta = 0,9$  – КПД источника сварочного тока.

$$q_{\Pi} = \frac{0,24 \cdot 375 \cdot 26,5 \cdot 0,9}{0,88} = 2439 \text{ кал/см}$$

При помощи полученных параметров определим основные размеры шва. Для этого найдем величину фактической глубины проплавления по формуле

$$H = A \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\Psi_{\text{пр}}}}, \quad (6)$$

где  $H$  – фактическая глубина проплавления, см;

$A$  – коэффициент, зависящий от теплофизических свойств сварочной проволоки;

$\Psi_{\text{пр}}$  – коэффициент формы провара шва.

Вычислим значение коэффициента  $A$  по формуле

$$A = 2 \sqrt{\frac{1}{\text{песу} T_{\text{пл}}}}, \quad (7)$$

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ				

где  $c\gamma = 0,95 \text{ кал/см}^3$  - удельная объемная теплоемкость металла;

$T_{\text{пл}} = 1500, \text{ }^\circ\text{C}$  - температура плавления свариваемого металла.

$$A = 2 \sqrt{\frac{1}{3,14 \cdot 2,71 \cdot 0,95 \cdot 1500}} = 0,0181.$$

Величину  $\psi_{\text{пр}}$  вычислим по рекомендованной формуле

$$\psi_{\text{пр}} = k'(19 - 0,01I_{\text{св}}) \frac{d_3 U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}, \quad (8)$$

где  $k$  - безразмерный коэффициент.

При плотности тока  $j < 120 \text{ А/мм}^2$  в случае сварки постоянным током обратной полярности

$$k' = 0,367j^{0,1925} = 0,367 \cdot 119,5^{0,1925} = 0,92,$$

тогда

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 375) \frac{2 \cdot 26,5}{375} = 1,98.$$

Подставив коэффициенты  $A$  и  $\psi_{\text{пр}}$  в формулу (6) получим

$$H = 0,0181 \sqrt{\frac{2439}{1,98}} = 6,36 \text{ см} = 6,4 \text{ мм}.$$

Зная глубину провара  $H$  и  $\psi_{\text{пр}}$  определим ширину шва

$$B = \psi_{\text{пр}} \cdot H = 1,98 \cdot 6,36 = 12,59 \text{ мм}$$

Для вычисления высоты валика  $C$  и коэффициента формы усиления шва  $\psi_{\text{в}}$  рассчитаем площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле

$$F = \frac{\alpha_{\text{р}} I_{\text{св}} (1 - \psi_{\text{п}})}{3600 \gamma v_{\text{св}}}, \quad (9)$$

где  $\alpha_{\text{р}}$  - коэффициент расплавления

$\psi_{\text{п}}$  - коэффициент потерь металла на разбрызгивание и угар.

Величину потерь  $\psi_{\text{п}}$  определим по эмпирической формуле

$$\psi_{\text{п}} = -4,72 + 0,176j - 0,00048j^2 = 8\%.$$

Значение коэффициента  $\alpha_{\text{р}}$  состоит из двух слагаемых

$$\alpha_{\text{р}} = \alpha'_{\text{р}} + \Delta\alpha_{\text{р}}, \quad (10)$$

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		25

где  $\alpha'_p$  – составляющая, обусловленная тепловложением дуги, г/Ач;  
 $\Delta\alpha_p$  – составляющая, зависящая от тепловложения вследствие предварительного нагрева вылета электрода протекающим током, г/Ач.

При сварке постоянным током обратной полярности составляющая коэффициента расплавления

$$\alpha'_p = 11,6 \pm 0,4.$$

Величину второй составляющей  $\Delta\alpha_p$  рассчитывают по уравнению

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600Q_{п.п}}{q_{\text{э}}I_{\text{св}}}, \quad (11)$$

где  $Q_{п.п}$  -- количество теплоты, расходуемое на предварительный подогрев вылета электродной проволоки протекающим по нему током, кал;  
 $q_{\text{э}}$  – количество теплоты, необходимое для расплавления 1 г электродной проволоки ( $\approx 325$  кал/г).

Значение  $Q_{п.п}$  рассчитывают по формуле

$$Q_{п.п} = 0,1884j^2\rho_0d_{\text{э}}^2 \left[ \frac{v_{\text{э}}}{a\alpha\beta} (e^{-p_2H} - 1) - \frac{\alpha(T_{п}-T_0)}{p_1} \right], \quad (12)$$

где  $j$  – плотность тока в электроде, А/см<sup>2</sup>;

$\rho_0 = 0,000070$  Ом/см – удельное электрическое сопротивление электродной проволоки 308L при нуле градусов;

$d_{\text{э}}$  -- диаметр электродной проволоки, см;

$v_{\text{э}}$  – условная скорость подачи электрода, см/с (скорость плавления электродной проволоки при нулевом вылете);

$a = 0,0376$  – коэффициент температуропроводности сварочной проволоки, см<sup>2</sup>/с;

$\alpha = 0,0043^{\circ}\text{C}^{-1}$  – коэффициент изменения электрического сопротивления с изменением температуры;

$\beta = 0,24j^2\rho_0/ac\gamma$  – коэффициент;

$H$  – вылет электрода, см;

$T_{п} = 1500^{\circ}\text{C}$  - температура плавления проволоки;

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26



$T_0 = 20^\circ\text{C}$  - начальная температура проволоки;

$p_1$  и  $p_2$  – коэффициенты, равные

Рассчитаем коэффициент  $\beta$  по формуле

$$\beta = \frac{0,24j^2\rho_0}{ac\gamma} = \frac{0,24 \cdot (119,5 \cdot 100)^2 \cdot 70 \cdot 10^{-5}}{0,0376 \cdot 7,8 \cdot 0,96} = 8510,$$

где  $c$  – теплоемкость сварочной проволоки, кал/см<sup>3</sup>°C;

$\gamma$  – плотность, г/см<sup>3</sup>.

Рассчитаем условную скорость подачи проволоки по формуле

$$V_3 = \frac{4\alpha'_p I_{св}}{3600\pi\gamma d_3^2} = \frac{4 \cdot 11,6 \cdot 375}{3600 \cdot 3,14 \cdot 7,8 \cdot 2^2} = 4,9 \text{ см/с.}$$

Рассчитаем коэффициенты  $p_1$  и  $p_2$

$$p_{1,2} = -\frac{v_3}{2a} \pm \sqrt{\frac{v_3^2}{4a^2} - a\beta} = -\frac{4,9}{2 \cdot 0,0376} - \sqrt{\frac{4,9^2}{4 \cdot 0,0376^2} - 0,0043 \cdot 8510} = -130;$$

$$p_{1,2} = -\frac{v_3}{2a} \pm \sqrt{\frac{v_3^2}{4a^2} - a\beta} = -\frac{4,9}{2 \cdot 0,0376} + \sqrt{\frac{4,9^2}{4 \cdot 0,0376^2} - 0,0043 \cdot 8510} = -0,28;$$

Подставив полученные коэффициенты в формулу (12), получим

$$Q_{п.п} = 0,1884 \cdot (119,5 \cdot 100)^2 \cdot 0,000075 \cdot 0,2^2 \cdot \left[ \frac{4,9}{0,0376 \cdot 0,0043 \cdot 912} (e^{-0,28 \cdot 2} - 1) - \frac{0,0043(1500 - 20)}{-130} \right] = 205 \text{ кал.}$$

Подставим полученное значение  $Q_{п.п}$  в формулу (11)

$$\Delta\alpha_p = \frac{3600 \cdot 205}{325 \cdot 375} = 6,1 \text{ г/Ач,}$$

Тогда, по формуле (9) коэффициент расплавления

$$\alpha_p = 11,6 + 6,1 = 17,7 \text{ г/Ач,}$$

Зная величину  $\alpha_p$ , можем рассчитать площадь наплавленного металла по формуле (9)

$$F = \frac{17,7 \cdot 375(1 - 0,08)}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,88} = 0,25 \text{ см}^2.$$

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		27

Теперь можем рассчитать основные геометрические параметры сварного шва

Усиление валика рассчитаем по формуле

$$C = \frac{F_H}{0,73B} = \frac{0,25}{0,73 \cdot 1,259} = 0,27 \text{ см} = 2,7 \text{ мм.}$$

Высоту шва рассчитаем по формуле

$$D = C + H = 2,7 + 6,35 = 9 \text{ мм}$$

Примем зазор равный 1 мм и рассчитаем геометрические параметры соединения для сварки с зазором без разделки.

Усиление валика при сварке с зазором без разделки рассчитывается по формуле

$$C_1 = \frac{F_H - Dp}{0,73B - p} = \frac{0,25 - 0,9 \cdot 0,1}{0,73 \cdot 1,26 - 0,1} = 0,19 \text{ см} = 1,9 \text{ мм,}$$

где  $p$  – величина зазора, равная 1мм.

Глубина провара при сварке с зазором без разделки кромок вычисляется по формуле

$$H_1 = D - C_1 = 9 - 1,9 = 7,1$$

Рассчитаем мгновенную скорость охлаждения по формуле

$$\omega_{\text{охл}} = 2\pi\lambda c\gamma \frac{(T_m - T_0)^3}{(q_{\text{п}}/\delta)^2}, \quad (13)$$

где  $\omega_{\text{охл}}$  - мгновенная скорость охлаждения при температуре  $T_m$ , °C/с;

$\lambda = 0,06$  - коэффициент теплопроводности, кал/см·с·°C;

$c\gamma = 1,1$  - объемная теплоемкость, кал/см<sup>3</sup>;

$T_m = 500^\circ\text{C}$  - температура наименьшей устойчивости аустенита;

$T_0 = 20^\circ\text{C}$  - начальная температура изделия;

$q_{\text{п}}$  - погонная энергия, кал/см;

$\delta$  - толщина металла.

$$\omega_{\text{охл}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 1,1 \frac{(500 - 20)^3}{(2439/0,6)^2} = 2,8 \text{ }^\circ\text{C/с,}$$

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ				

Оптимальный интервал мгновенных скоростей охлаждения для стали 12Х18Н10 составляет 6...50 °С/с. Полученное значение не входит в указанный интервал, следовательно необходимо уменьшить значение погонной энергии. Для этого примем диаметр электродной проволоки  $d_0 = 1,6$ ; силу сварочного тока  $I_{св} = 335$  А, напряжение дуги  $U_d = 22$  В, скорость сварки 1,0 см/сек, вылет проволоки  $l_n = 1,0$ ; тогда

$$q_{п} = \frac{0,24 I_{св} U_d \eta}{v_{св}}, = \frac{0,24 \cdot 330 \cdot 22 \cdot 0,9}{0,95} = 1530 \frac{\text{кал}}{\text{см}}$$

$$\omega_{охл} = 2\pi\lambda c\gamma \frac{(T_m - T_0)^3}{(q_{п}/\delta)^2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 1,1 \frac{(500 - 20)^3}{(1530/0,6)^2} = 7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}$$

Полученное значение входит в интервал 6...50 °С/с. Рассчитаем геометрические параметры шва для новых значений силы тока и напряжения по формулам (1-12):

- глубина провара  $H = 5,3$  мм;
- ширина шва  $B = 9,9$  мм;
- коэффициент  $\beta = 6792$ ;
- коэффициент  $p_1 = -116$ ;
- коэффициент  $p_1 = -0,249$ ;
- количество теплоты, расходуемое на подогрев проволоки  $Q_{п.п.} = 71,6$  кал;
- величина  $\Delta\alpha_p = 2,37$  г/Ач;
- величина  $\alpha_p = 13,97$  г/Ач;
- скорость подачи электродной проволоки  $v_{п.п.} = \frac{\alpha_p I_{св}}{3600 F_{ЭЛГ}} = 8,3$  см/с;
- площадь наплавленного металла  $F_H = 0,15$  см<sup>2</sup>;
- усиление валика  $C = 2,1$  мм;
- высота шва  $D = 7,4$  мм;
- усиление при сварке с зазором 1мм  $C_1 = 1,3$
- глубина провара при сварке с зазором 1 мм без разделки  $H_2 = 6,3$  мм
- коэффициент формы усиления  $\psi_B = 7,7$

Полученные размеры шва соответствуют ГОСТ 14771-76, будем считать, что расчет сделан правильно. Сведем назначенные параметры режима сварки в таблицу 2.5.1

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		29

Таблица 2.5.1 – Параметры режима сварки швов С2

Параметр	Значение
Диаметр проволоки $d_3$ , мм	1,6
Сварочный ток $I_{св}$ , А	335
Напряжение дуги $U_d$ , В	23
Скорость сварки $v_{св}$ , см/с	1,0
Скорость подачи проволоки $v_{п.п.}$ , см/с	8,3
Вылет электродной проволоки, мм	10
Расход защитного газа, л/мин	16

Для сварки укрупнительных стыков полос обечаек и стыков сегментов конической обечайки используется сварное соединение С7 по ГОСТ 14771 – 76. Конструктивные элементы сварного шва представлены на рисунке 2.10.

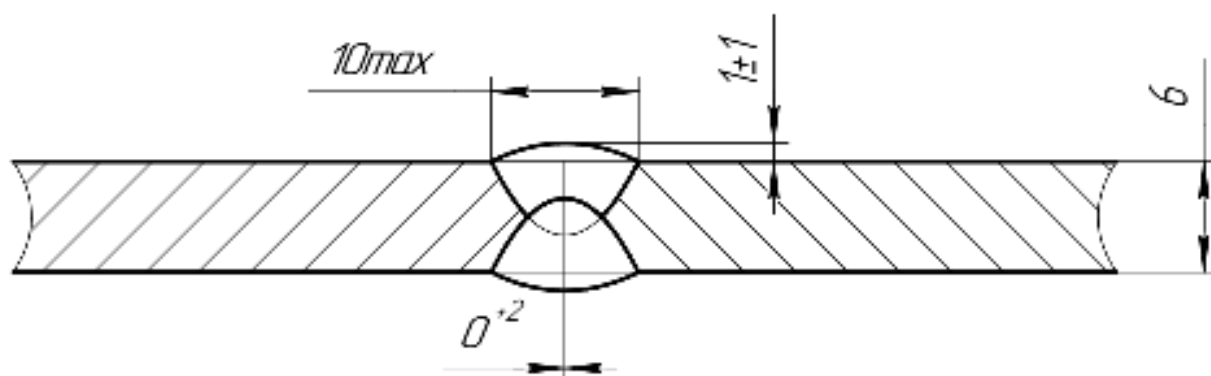


Рисунок 2.10 – Конструктивные элементы сварного шва С7 ГОСТ 14771-76

Сварка ведется с двух сторон, следовательно требуемая глубина проплавления равна

$$H = \frac{S}{2} + 1 = 4 \text{ мм.}$$

Далее расчет ведем аналогично вышеприведенному для шва С2. Примем диаметр электродной проволоки  $d_3 = 1,6$ ; силу сварочного тока  $I_{св} = 260$  А, напряжение дуги  $U_d = 26,5$  В, скорость сварки 1,2 см/сек, вылет проволоки  $l_n = 10$  мм; тогда геометрические параметры шва для выбранных параметров будут равны:

- глубина проплавления  $H = 4$  мм;
- погонная энергия  $q_{п} = 1240$  кал/см
- ширина шва  $B = 9,8$  мм;
- коэффициент  $\beta = 9988$ ;
- коэффициент  $p_1 = -120$ ;
- коэффициент  $p_2 = -0,302$ ;
- количество теплоты, расходуемое на подогрев проволоки  $Q_{п.п.} = 68,7$  кал;
- величина  $\Delta\alpha_p = 2,9$  г/Ач;
- величина  $\alpha_p = 14,53$  г/Ач;
- скорость подачи электродной проволоки  $v_{п.п.} = \frac{\alpha_p I_{СВ}}{3600 F_{ЭЛГ}} = 6,7$  см/с;
- площадь наплавленного металла  $F_H = 0,10$  см<sup>2</sup>;
- усиление валика  $C = 1,4$  мм;
- коэффициент формы усиления  $\psi_B = 7$

Рассчитаем мгновенную скорость охлаждения

$$\omega_{охл} = 2\pi\lambda c\gamma \frac{(T_m - T_0)^3}{(q_{п}/\delta)^2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 1,1 \frac{(500 - 20)^3}{(1240/0,6)^2} = 10,7 \text{ С/с.}$$

Полученное значение входит в оптимальный интервал скоростей охлаждения. Следовательно расчет произведен верно. Из формулы видно, что при начальной температуре изделия выше 121 °С мгновенная скорость охлаждения будет меньше 6 С/с, поэтому сварку с обратной стороны следует начинать после остывания околошовной зоны ниже данной температуры.

Сведем полученные параметры в таблицу 2.5.1

Таблица 2.5.1 – Параметры режима сварки швов С7

Параметр	Значение
Диаметр проволоки $d_3$ , мм	1,6
Сварочный ток $I_{СВ}$ , А	260
Напряжение дуги $U_d$ , В	26,5
Скорость сварки $v_{СВ}$ , см/с	1,2
Скорость подачи проволоки $v_{п.п.}$ , см/с	6,7
Вылет электродной проволоки, мм	16
Расход защитного газа, л/мин	16

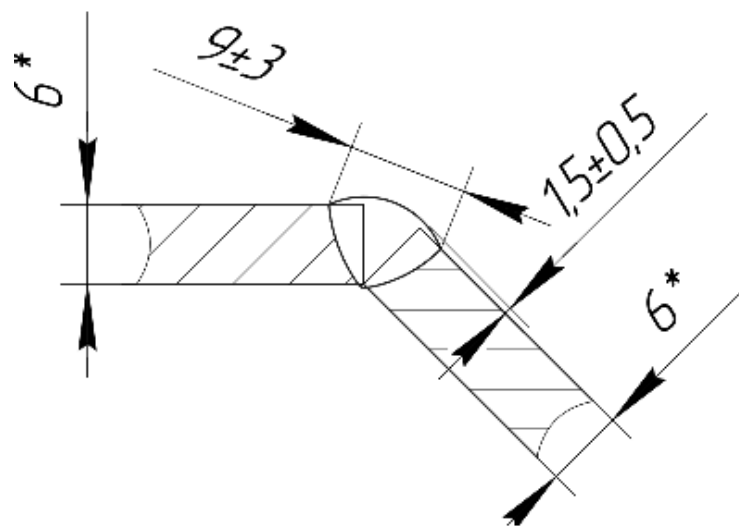


Рисунок 2.11 – Конструктивные элементы сварного шва У2 ГОСТ 23518-79

Для соединения конической обечайки с цилиндрической используется сварной шов У2 по ГОСТ 23518-79. Конструктивные элементы шва представлена на рисунке 2.11.

Для расчета параметров режим сварки необходимо определить требуемую глубину проплавления. Примем  $B = 9$ , тогда требуемая глубина проплавления  $H = 4,6$  мм (см. рисунок 2.12).

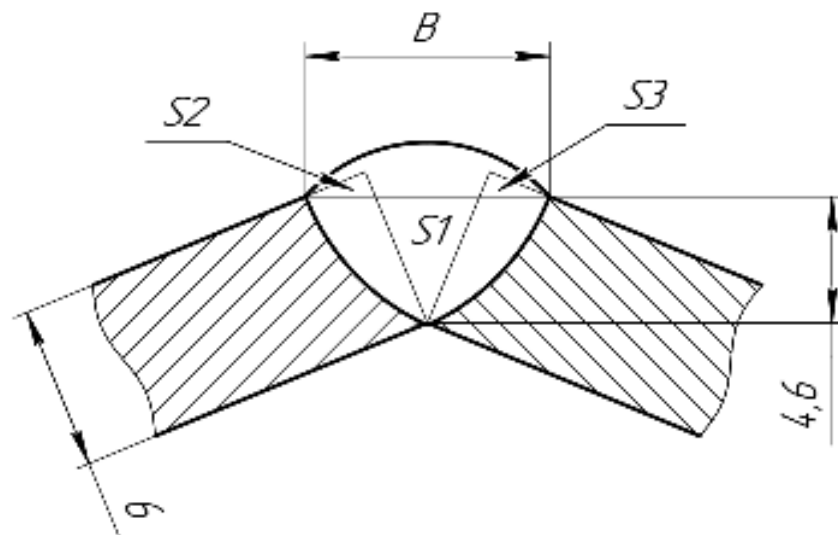


Рисунок 2.12

Высоту усиления данного шва найдем по формуле

$$C_1 = \frac{F_H - S1 + S2 + S3}{0.73B}, \quad (14)$$

где  $F_H$  – площадь наплавленного металла, при сварке без зазора и разделки,  $\text{см}^2$ ;

$B$  – ширина шва, см.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

$$S1 = 0,09 \text{ см}^2;$$

$$S2 = S3 = 0,015 \text{ см}^2$$

Расчет площадей S1-S3 произведен при помощи программного пакета КОМПАС 3D.

Далее расчет ведем аналогично вышеприведенным для швов С2 и С7. Примем диаметр электродной проволоки  $d_3 = 1,6$ ; силу сварочного тока  $I_{св} = 230$  А, напряжение дуги  $U_d = 22$  В, скорость сварки  $1,0$  см/сек, вылет проволоки  $l_n = 1,6$ ; тогда геометрические параметры шва для выбранных параметров будут равны:

- глубина проплавления  $H = 3,9$  мм;
- погонная энергия  $q_{п} = 1092$  кал/см
- ширина шва  $B = 9,1$  мм;
- коэффициент  $\beta = 7816$ ;
- коэффициент  $p_1 = -125$ ;
- коэффициент  $p_1 = -0,267$ ;
- количество теплоты, расходуемое на подогрев проволоки  $Q_{п.п.} = 119$  кал;
- величина  $\Delta\alpha_p = 5,75$  г/Ач;
- величина  $\alpha_p = 17,35$  г/Ач;
- скорость подачи электродной проволоки  $v_{п.п.} = \frac{\alpha_p I_{св}}{3600 F_{эл\gamma}} = 7,1$  см/с;
- площадь наплавленного металла  $F_n = 0,13$  см<sup>2</sup>;

Найдем высоту усиления шва при заданной разделке по формуле (14)

$$C_1 = \frac{0,13 - 0,09 + 0,015 + 0,015}{0,73 \cdot 0,91} = 0,1 \text{ см} = 1 \text{ мм}$$

Фактическую глубину проплавления  $H_1$  найдем по формуле

$$H_1 = D - C_1,$$

где  $D = H + C = 0,59$  см – общая высота шва, при сварке без разделки и зазора.

$$H_1 = 0,59 - 0,1 = 0,49 \text{ см} = 5 \text{ мм}.$$

Геометрические параметры соответствуют ГОСТ 23518-79. Произведем расчет скорости охлаждения по формуле (13)

$$\omega_{охл} = 2\pi\lambda c\gamma \frac{(T_m - T_0)^3}{(q_{п}/\delta)^2} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,06 \cdot 1,1 \frac{(500 - 20)^3}{(1092/0,6)^2} = 13,8 \text{ }^\circ\text{C/с}.$$

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ				

Полученное значение входит в оптимальный интервал скоростей охлаждения.  
Следовательно расчет произведен верно.

Сведем полученные параметры в таблицу 2.5.2

Таблица 2.5.2 – Параметры режима сварки швов У2

Параметр	Значение
Диаметр проволоки $d_3$ , мм	1,6
Сварочный ток $I_{св}$ , А	230
Напряжение дуги $U_d$ , В	22
Скорость сварки $v_{св}$ , см/с	1,0
Скорость подачи проволоки $v_{п.п.}$ , см/с	7,1
Вылет электродной проволоки, мм	16
Расход защитного газа, л/мин	15

## 2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования

### 2.6.1 Описание конструкции роликового стенда

Для сборки обечаек предлагается использовать роликовый стенд. Обечайки устанавливаются на стенд при помощи кран-балки. Современные роликовые стенды состоят из унифицированных узлов приводных и холостых роlikоопор и приводов. Применение этих узлов позволяет монтировать в производственных условиях роликовые стенды для изделий различной массы и габаритов.

Для определения числа опор и расстояния между ними будем следовать рекомендациям данным в [3]. Расстояние А между роlikоопорами по ширине стенда определяется в зависимости от диаметра изделия таким образом, чтобы центральный угол  $\alpha$  (рис. 2.12) составлял  $45^\circ - 115^\circ$ . Расстояние между опорами по длине стенда зависит от необходимого числа опор и длины изделия. Число опор рассчитывают по допустимой нагрузке на одну опору. Раскладывая вес изделия на радиальные составляющие, получим



$$R = \frac{G}{n \cdot \cos \frac{\alpha}{2}},$$

2.6.1

где  $R$  – радиальная нагрузка на одну опору в  $тс$ ;

$G$  – вес изделия в  $тс$ ;

$n$  – число роликоопор стенда;

$\alpha$  – центральный угол.

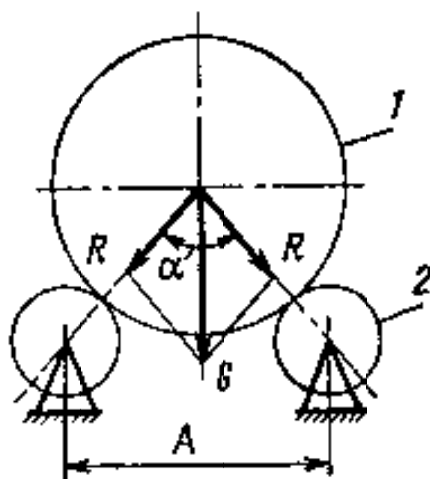


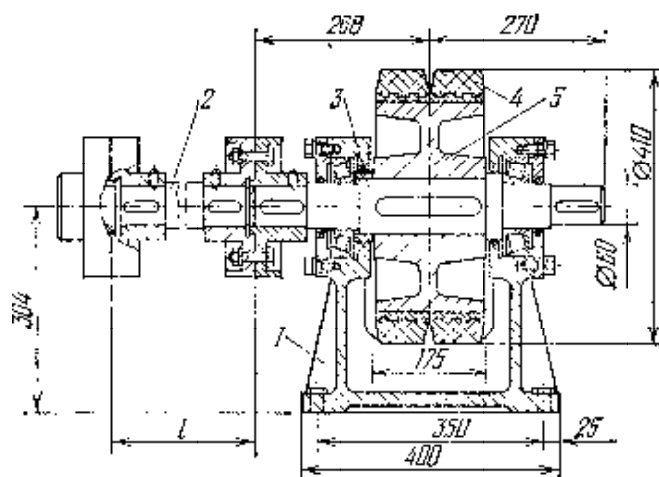
Рисунок 2.12 – Схема распределения нагрузок в роликовом стенде

Для нашего стенда потребуется 6 пар роликоопор. Принимаем количества роликоопор – 12, диаметра изделия – 3200 мм, длину 6000 мм, вес 4430 кг. Для вращения изделия могут быть применены роликоопоры диаметром 410мм с радиальной нагрузкой 500 кгс. Принимаем центральный угол  $\alpha = 60^\circ$ , при этом расстояние между опорами  $A$  будет равно 1800 мм.

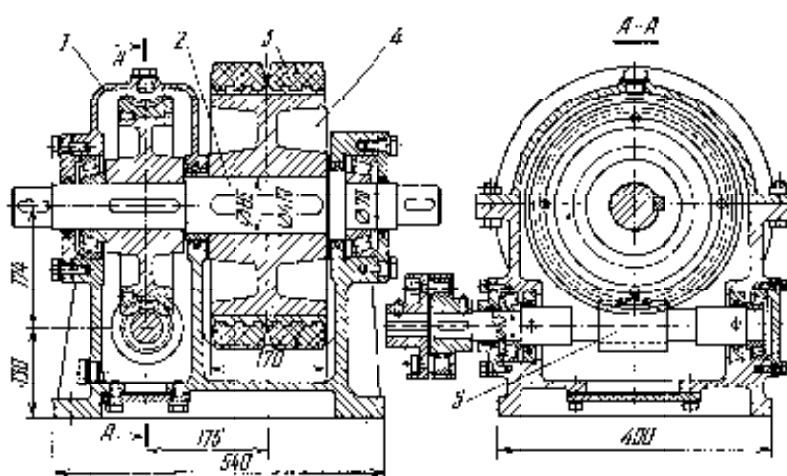
Проверяем действительную нагрузку на опоры по формуле 2.6.1

$$R = \frac{4430}{12 \cdot \cos \frac{60}{2}} = 426 \text{ кгс.}$$

Таким образом действительная нагрузка меньше допустимой.



а)



б)

Рисунок 2.13– Приводные роlikоопоры а) в нормальном исполнении; б) с червячным редуктором

Типовые роlikовые стенды монтируются из унифицированных роlikоопор, приводных и холостых. Для нашего стенда потребуется 5 приводных роlikоопор с выпущенными наружу хвостовиками вала и муфтами для соединения с главным приводным валом и соседними роlikоопорами (рис. 2.13, а), 1 со встроенным червячным редуктором (рис. 2.13, б), и 6 холостых роlikоопор (рис. 2.14)

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

15.03.01.2020.607.00 ПЗ

Лист

36

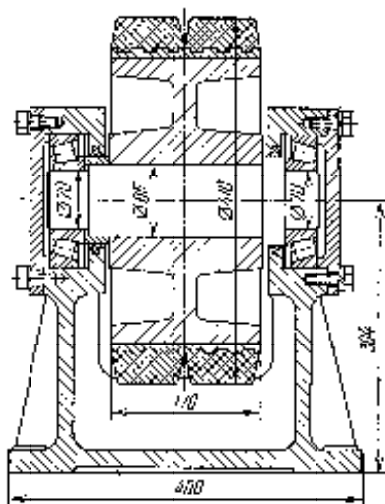


Рисунок 2.14 – Холостая роlikоопора

Все роliки снабжаются резиновыми грузошинами. В приводных роliках это необходимо для увеличения силы сцепления с вращаемым барабаном. Кроме того, резиновые грузошины обеспечивают более плавное вращение обечайки, особенно в момент перехода через роliки продольных швов обечайки. Это обстоятельство обуславливает целесообразность постановки резиновых грузошин и на холостых роlikоопорах.

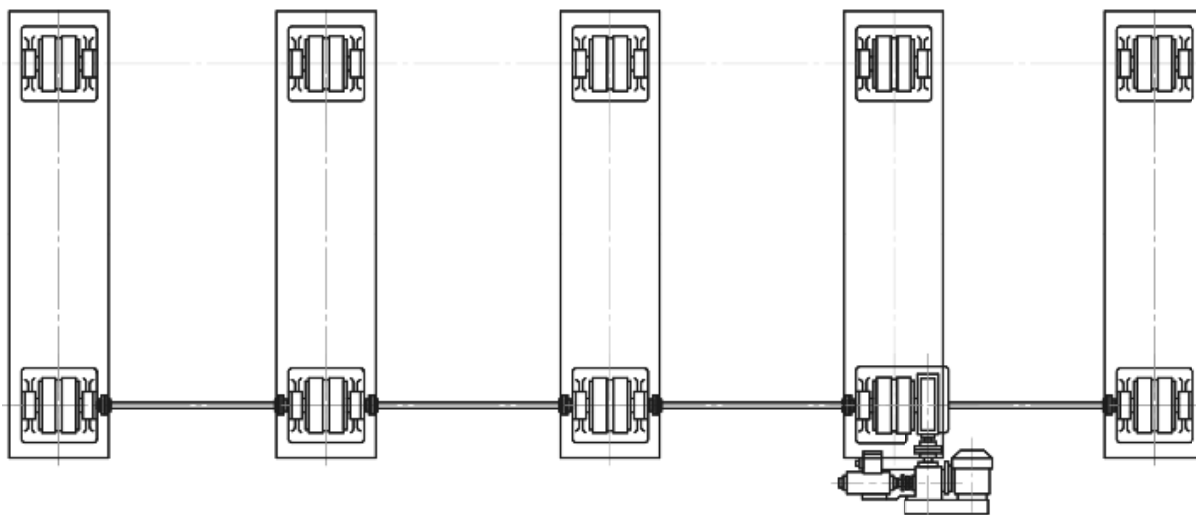


Рисунок 2.15 - Схема роlikового стенда

Схема роlikового стенда изображена на рисунке 2.15. Привод стенда имеет два электродвигателя постоянного тока – для вращения с рабочей скоростью и переменного тока – для вращения с маршевой скоростью. Рабочая окружная скорость, а, следовательно, и скорость сварки кольцевых швов, может плавно регулироваться в пределах 0,4 – 1,6 м/мин. Маршевая скорость вращения 13

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		37

м/мин. Переключение с рабочей скорости на маршевую и наоборот производится электромагнитной муфтой с дистанционным кнопочным управлением. Кинематическая схема привода показана на рисунке. Привод состоит из: 1 – асинхронный двигатель переменного тока типа АО-42-4 ( $N = 2,8$  кВт,  $n = 1420$  об/мин); 2 – клиноременная передача; 3 – червячная передача; 4 – электродвигатель постоянного тока типа МИ-32 ( $N = 0,7$  кВт,  $n = 2500$  об/мин); 5 – электромагнитная муфта. Привод обеспечивает стабильность в скорости до 10%. Специальной блокировкой предусмотрена невозможность включения двигателя маршевого хода, если не отключена электромагнитная муфта.

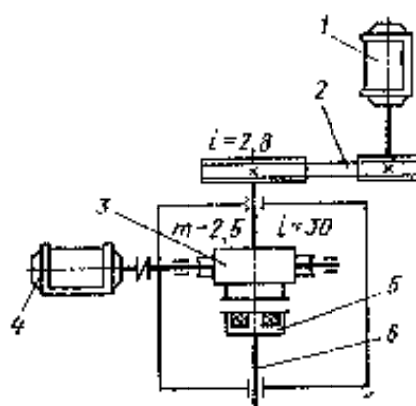


Рисунок 2.16 – Кинематическая схема привода для роликовых стенов  
Для соединения кромок обечаек используется кольцевой центратор.

## 2.6.2 Описание конструкции сварочной установки

Сварочную установку делаем на базе сварочной колонны ESAB CaB 300S. (рис. 2.17). Колонна применяется в установках для сварки швов, но может быть использована и при сварке прямых швов, если сварочное движение будет сообщаться изделию, а не головке.

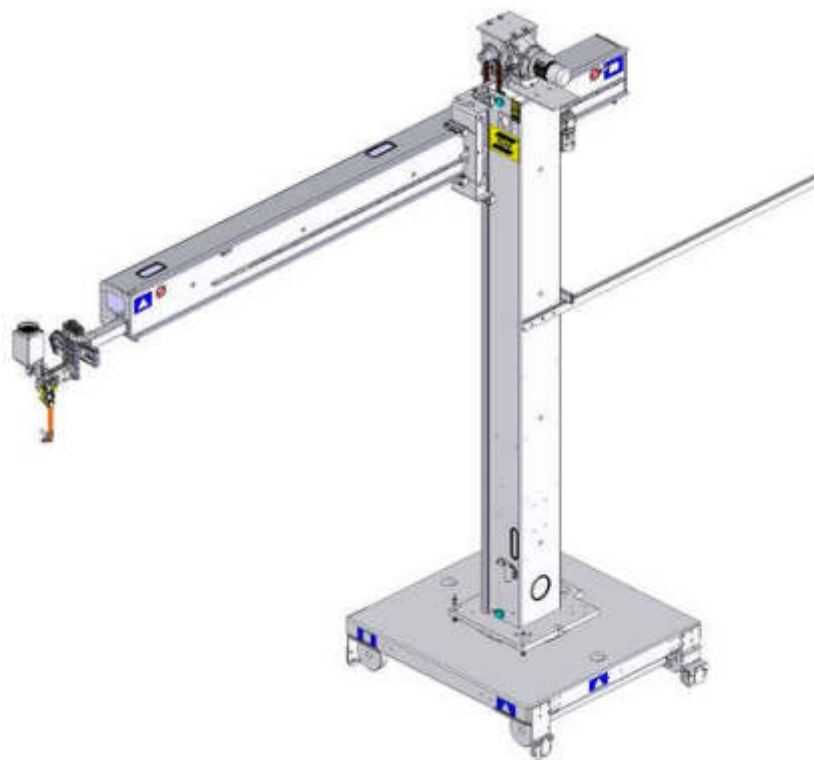


Рисунок 2.17 – Сварочная колонна

Колонна состоит из основания и поворотной части с подъемно-выдвижной штангой, конец которой снабжен фланцем для крепления сварочной головки. С помощью привода по колонне перемещается каретка с горизонтальной гильзой, внутри которой передвигается консольная штанга со сварочной головкой. Таким образом, сварочную головку можно устанавливать в нужном положении, перемещая ее по двум взаимно перпендикулярным направлениям по вертикали и горизонтали.

Кроме того, поворачивая колонну вокруг ее вертикальной оси, можно отвести головку в любую сторону, например, на другое рабочее место сварочной установки. Это свойства будем использовать для сварки стыковых швов заготовок

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		39

обещаек. Технические характеристики сварочного центра CaB 300S представлены в таблице 2.6.2

Таблица 2.6.2 – Технические характеристики сварочного центра ESAB CaB 300S

<b>Колонна</b>	
Эффективный рабочий диапазон, м	3
Макс. высота стрелы, мм	4070
Общая высота, мм	5170
Скорость подъема, м/мин	0,7
Максимальная общая нагрузка на платформу сварочной колонны, кг	600
<b>Стрела</b>	
Макс. вылет, мм	3580
Мин. вылет, мм	540
Макс. допустимая масса нагрузки, кг	300
Скорость сварки, м/мин	0,1-2,0
Скорость перемещения, м/мин	2,0
<b>Рельсовая тележка</b>	
Ширина колеи, мм	1700
Ширина x длина, мм	2060x2330
Высота, мм	365
Скорость сварки, м/мин	0,1-2,0
Скорость перемещения, м/мин	2,0
Общая масса, кг	1670



Рисунок 2.18 – Источник питания ESAB LAF 631

В качестве источника питания используем аппарат ESAB LAF 631(рис. 2.18).  
Технические характеристики представлены в таблице 2.6.2.1

Таблица 2.6.2.1 – Технические характеристики источника питания ESAB LAF 631

Сетевое подключение	380/400/415 В 50 Гц
Первичный ток $I_{\text{макс.}}$ :	
SAW	69 А
MIG	69 А
Значения условной нагрузки:	
SAW (рабочий цикл при температуре окружающей среды 40 °С)	
60%	800 А, 44 В
100%	630 А, 44 В
Диапазон регулировки:	60 А / 22 В – 800 А / 44 В
Напряжение без нагрузки ( $U_0$ )	56 В
Питание без нагрузки	172 Вт
КПД при максимальном токе ( $I_2$ ):	
SAW	84%
MIG	84%
Коэффициент мощности при максимальном токе ( $I_2$ ):	
SAW	0,91
MIG	0,91
Полная мощность при максимальном токе ( $I_2$ )	46,4 кВА

Продолжение таблицы

Активная мощность при максимальном токе ( $I_2$ )	42 Вт
Рабочая температура	от -10 °С до +40 °С
Постоянный уровень звукового давления на холостом ходу	< 70 дБ (А)
Масса (при поставке)	260 кг
Размеры (Д х Ш х В)	652 × 483 × 800 мм
Класс изоляции (трансформатор)	Н
Класс защиты корпуса	IP 23



Рисунок 2.19 – Сварочная головка ESAB A2S

Для подачи сварочной проволоки и тока в зону сварки используем сварочную головку ESAB A2S Mini Master (рис. 2.19). Сварочная головка является основным узлом сварочной установки. Сварочная головка включает в себя комплекс механизмов и электрических аппаратов, осуществляющих подачу электродной проволоки и обеспечивает стабильное горение дуги. Головка оснащена для корректировки положения электрода относительно оси шва. Технические характеристики головки представлены в таблице.



Таблица 2.6.2.2 – Технические характеристики сварочной головки ESAB A2S

Макс. скорость подачи проволоки, м/мин	0,2-9,0
Диаметр проволоки, мм	1,6-4,0
Допустимая нагрузка при ПВ 100%, А	800
Напряжение управления, В	42
Длина линейных слайдеров, мм	90
Угол поворота слайдера	360°



Рисунок 2.20 – Блок управления ESAB PEK A2

Управление процессом сварки, контроль параметров режима и поддержание их на заданном уровне осуществляется при помощи блока управления. В нашей установке применим блок управления ESAB PEK A2 (рис. 22). Данный блок оснащен системой обратной связи по скорости перемещения, скорости подачи проволоки и напряжению на дуге. Применение данного блока позволит повысить производительность и стабильность сварочного процесса и улучшить качество сварных швов. Технические характеристики блока представлены в таблице 2.6.2.3

Таблица 2.6.2.3 – Технические характеристики блока управления ESAB PEK A2

Рабочее напряжение, В/Гц	42/50 - 60
Рабочая температура	-15/+45
Относительная влажность (воздуха)	98%
Размеры, ДхШхВ	246X235x273
Масса, кг	6,6
Класс защиты корпуса	IP23

## 3 КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

### 3.1 Способы и средства контроля качества

Контроль качества сварных соединений проводится в два этапа в процессе сборки изделия и после окончания сварки.

На этапе сварки и сборки проверяют: работоспособность сварочного оборудования, квалификацию рабочих; работоспособность оборудования и приборов контроля сварных швов; соответствие сварочных материалов; правильность сборки; соблюдение порядка наложения сварных швов, предусмотренного тех. картой; качество шва в процессе сварки. Контроль режима сварки заключается в проверке параметров тока, их стабильности, соответствия скорости перемещения электрода, мощности тока.

Применяемые сварочные материалы (электроды и электродная проволока) проверяют на соответствие требованиям технических условий и ГОСТов на их поставку и наличие сертификатов. Перед сваркой проверяют тщательность очистки стыкуемых кромок и прилегающих к ним поверхностей на ширину не менее 20 мм от окалины, ржавчины, краски, масла и т. п.

Контроль законченных соединений производится для определения наружных и внутренних дефектов в сварных швах.

Одним из основных видов контроля качества является визуальный и измерительный контроль (ВИК). Он проводится на всех этапах производства и позволяет оценить качество изделия визуально. ВИК предшествует другим методам контроля. Данный метод контроля проводится как невооруженным глазом, так и с применением увеличивающих стекол с кратностью до 10х. Средствами контроля являются различные линейки, рулетки, шаблоны и прочие приборы.

Контроль сварных швов на герметичность проводится капиллярным методом смачиванием керосином. При этом поверхность сварного шва снаружи необходимо покрыть мелом, а с внутренней стороны - обильно смачивать

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	15.03.01.2020.607.00 ПЗ				44

керосином в течение всего периода испытания. Время выдержки при испытании смачиванием керосином должно быть не менее 35 минут.

В основе радиографического метода контроля лежат законы неодинакового ослабления интенсивности ионизирующих излучений при их прохождении через материалы сварного соединения и дефекта, а также способность этих излучений воздействовать на детектор, которым при этом методе является рентгеновская пленка или радиографическая пластина.

### 3.2 Допустимые и недопустимые дефекты

Нормы оценки дефектов приведены в таблице 3.1

Наименование дефектов	Характеристика	Допустимость
Поры и пористость	Допустимое число дефектов на 100 мм сварного шва	4
	максимальный размер одиночной поры	0,8 мм
Скопление пор	Суммарная длина	8 мм
	Максимальный размер одиночной поры	0,8 мм
Трещины	Трещины всех видов размеров и ориентации	Не допускаются
Непровар и несплавление	—————	Не допускается
Подрезы	Переход от шва к основному металлу должен быть плавным	Глубина не более 0,5 мм
Газовые полости и свищи	—————	Не допускаются
Брызги расплавленного металла	Прилипшие брызги к поверхности металла	Без исправления не допускаются
Наплывы	—————	Не допускаются
Превышение выпуклости стыкового шва	—————	Не более 2 мм

Продолжение таблицы

Линейное смещение кромок	_____	Не более 1,6 мм для кольцевых швов обечаек и не более 0,6 мм для продольных швов
Увод (угловатость) кромок в продольных сварных соединениях	_____	Не более 5 мм.

### 3.3 Оборудование для проведения контроля

Для проведения ВИК применяется комплект под названием ВИК «Эксперт». Данный комплект применяется для проведения визуального и измерительного контроля как основного металла, так и сварных соединений на всех стадиях производственного процесса: входного контроля, подготовки к сварке и оценки состояния изделий в ходе эксплуатации. Инструменты, используемые при контроле сварных швов, представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2- Инструменты, используемые при контроле сварных швов

Наименование описание	Описание
Универсальный шаблон сварщика УШС-3	Применяется для контроля скоса кромок, качества стыков, а также для измерения геометрических параметров сварного шва и проверки диаметра электрода
Штангенциркуль	применяется для измерений наружных размеров и глубины контролируемых объектов. Модель ШЦ-1-125-0,1, диапазон измерений 0...125 мм, I класс точности
Фонарик карманный	Светодиодный фонарик для работы в условиях слабой освещенности. Мощность 0,5 Вт
Лупа измерительная 10х	Лупа для проведения визуального контроля и измерений на плоскости. Длина измерительной шкалы 15 мм, цена деления 0,1 мм.

Продолжение таблицы

Набор щупов №4 (0,1...4,0 мм)	Применяется для проверки зазоров между поверхностями. Класс точности II
Лупа 7х	Применяется для проведения осмотра мелких деталей контролируемой поверхности
Рулетка измерительная 10 м	Применяется для контроля линейных размеров конструкций

Для проведения радиографического контроля применяется рентгеновский дефектоскоп МАРТ-200 (рис. 3.1) постоянного потенциала на базе малогабаритной рентгеновской трубки 0,1БПМ27-250 с двух полярной схемой питания и частотой свыше 100 кГц, Имея все преимущества приборов постоянного потенциала, МАРТ-200 максимально приближен к импульсным аппаратам по весу и габаритам (вес с пультом всего 10 кг.). Выход излучения под углом 140° дает возможность как направленного, так и панорамного просвечивания. Модель оптимальна для полевой работы на ответственных объектах толщиной до 40 мм. Технические характеристики дефектоскопа представлены в таблице 3.3



Рисунок 3.1 – Рентгеновский дефектоскоп МАРТ-200

Таблица 3.3 – Технические характеристики дефектоскопа МАРТ-200

Рабочее напряжение на рентгеновской трубке, кВ	105 ÷ 200
Доза рентгеновского излучения в прямом пучке на расстоянии 500 мм от фокуса трубки за 1 мин, Р	3
Максимальные размеры фокусного пятна при максимальной анодной мощности, мм	□ 2,2
Максимальная толщина просвечиваемой стали с фокусного расстояния 700 мм за время экспозиции 10 мин, мм	20 (D7 + Pb) 30 (F8 + RCF) 40 (F8 + NDT 1200)
Максимальная анодная мощность, Вт	100
Потребляемая мощность ВА, не более	450
Напряжение питания аппарата, однофазная сеть переменного тока, В	220±22
Частота однофазной сети переменного тока, Гц	50±1
Максимальное время нахождения рентгеновской трубки под напряжением, минут, не более	10
Минимальное время паузы после экспозиции	не менее времени предыдущей работы
Метод просвечивания	направленный панорамный
Диапазон рабочих температур, °С	-20 ÷ +40
Вес излучателя, кг	6
Габариты излучателя, мм	430 × 100 × 160
Вес пульта управления, кг	4
Габариты пульта управления, мм	330 × 260 × 170

### 3.4 Методика проведения контроля

Главным условием проведения ВИК является наличие достаточной освещенности поверхностей для выявления контраста дефекта с контролируемой поверхностью. Согласно требованиям РД 03-606-03 «Инструкция по проведению ВИК» значение освещенности контролируемых поверхностей составляет 500 лк.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

Перед началом контроля проводится подготовка поверхностей к осмотру. На осматриваемых поверхностях не допускается наличие влаги, масла, окисных пленок, окалины.

При входном контроле проводится проверка следующих параметров:

- сертификатные данные на прокат и на сварочные материалы;
- геометрические параметры проката в соответствии с ГОСТ на прокат;
- отбор проб для проведения лабораторных исследований;
- осмотр поверхности для выявления недопустимых прокатных дефектов.

При контроле заготовок проверяются их геометрические размеры в соответствии с требованиями рабочих чертежей.

При контроле сборки проводится проверка геометрических размеров собранных элементов, величины смещения кромок, а также величины зазоров.

При контроле сварных швов производится проверка их на соответствие требованиям рабочих чертежей и для проверки отсутствия недопустимых дефектов.

Радиографический контроль следует проводить после устранения обнаруженных при внешнем осмотре сварного соединения наружных дефектов и зачистки его от неровностей, шлака, брызг металла, окалины и других загрязнений, изображения которых на снимке могут помешать расшифровке снимка.

После зачистки сварного соединения и устранения наружных дефектов должна быть произведена разметка сварного соединения на участки и маркировка (нумерация) участков.

При контроле на каждом участке должны быть установлены эталоны чувствительности и маркировочные знаки.

Маркировка должна иметь следующую информацию:

- шифр дефектоскописта,
- шифр объекта,
- номер стыка и просвечиваемого участка,
- клеймо сварщика,

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

В случае повторного просвечивания после исправления дефектов установить букву «Р» в конце группы маркировочных знаков. Если шов был вырезан, затем отремонтирован, установить букву «С».

Эталон чувствительности устанавливается на шов со стороны источника излучения.

Положение рентгеновского аппарата регулируется согласно схемы просвечивания, устанавливается режим контроля на пульте рентгеновского аппарата в соответствии с расчетными параметрами контроля. Выполняется экспонирование радиографической пленки.

По окончании просвечивания экспонированная плёнка снимается со стыка. Контроль проводится за 2 экспозиции.

Фотообработка экспонированной рентгеновской пленки выполняется в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

Просмотр и расшифровку снимков выполняется после их полного высыхания в затемнённом помещении с применением негатоскопа.

Снимки допускаются к расшифровке, если они удовлетворяют следующим требованиям:

- на снимках не должно быть пятен, полос, загрязнений и повреждений эмульсионного слоя, затрудняющих их расшифровку.

- на снимках должны быть видны изображения эталонов чувствительности, маркировочных знаков, ограничительных меток, имитаторов вогнутости и выпуклости корня шва(при необходимости), измерительного пояса.

- оптическая плотность изображений контролируемого участка шва, околошовной зоны и эталона чувствительности должна быть в диапазоне 1,5-3,5 единиц оптической плотности (е.о.п.).

- уменьшение оптической плотности изображения сварного шва и контролируемой околошовной зоны на любом участке этого изображения по отношению к оптической плотности изображения эталона чувствительности (или участка, на котором установлен проволочный эталон чувствительности) не должно превышать 1,0 е.о.п.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50



Качество сварного соединения или наплавленной детали считается удовлетворительным, если на снимках не будут зафиксированы трещины и непровары, включения, вогнутость или превышение проплавления корня шва.

### 3.5 Испытания на стойкость к межкристаллитной коррозии

Сварные соединения испытываются на стойкость к межкристаллитной коррозии согласно ГОСТ 6032-2017. Для проведения испытаний образцы выдерживают в кипящем водном растворе сернокислой меди и серной кислоты с добавлением цинкового порошка. Образцы выполняются размером 20x80 мм. По окончании испытаний промытые и просушенные образцы подвергаются загибу на угол 90°. Изгиб проводят таким образом, чтобы сварной шов, обращенный к рабочей среде, находился на внешней стороне образца. Признаком брака является наличие поперечных трещин на поверхности изогнутого образца. Браковочным признаком является разрушение границ зерен по всей поверхности шлифа или единичных зерен на глубину более 30 и 50 мкм соответственно.

При получении неудовлетворительных результатов проводится повторное испытание на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения. Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считается непригодным.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		51

## 4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### 4.1 Анализ основных вредных и опасных производственных факторов

Опасными и вредными производственными факторами при механизированной сварке в среде защитных газов являются:

- физические;
- химические;
- психоневрологические.

Физическими факторами являются:

- движущиеся механизмы и машины;
- части подвижные различного производственного оборудования;
- передвижений изделий, заготовок, материалов;
- повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны;
- пониженная либо повышенная температура поверхностей оборудования и материалов;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- увеличенное напряжение в электрической цепи, которая при замыкании может поразить тело человека;
- повышенная напряженность электрических полей;
- низкая освещенность рабочей зоны;
- острые кромки, а также заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования.

Основным химическим опасным и вредным производственным фактором является токсичное воздействие на организм человека сварочных аэрозолей.

Психофизиологическими факторами являются:

- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		52

## 4.2 Техника безопасности при проведении сварочных работ

Местные устройства вентиляции должны обеспечивать удаление воздуха из зоны сварки в объеме не менее 150 м<sup>3</sup>/ч. При этом, скорость всасывания при сварке в смесях активных газов с инертными не должна превышать 0,5 м/с.

Эксплуатация баллонов, контейнеров со сжиженным газом, а также рампы баллонов должна соответствовать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Работники, обслуживающие сварочные комплексы, а также сварочное оборудование, вместе с электросварщиками, должны быть оснащены аналогичной специальной одеждой, а также другими средствами индивидуальной защиты.

Площадка с установленным на ней сосудом-накопителем со сжиженным газом должна быть за пределами металлических ограждений таким образом, чтобы между контейнером и ограждением был технологический проход шириной не менее одного метра. Рядом с контейнером не допускается наличие источников нагрева

Помещение с контейнерами или рампами должно хорошо вентилироваться и температура воздуха в таких помещениях не должна быть более 25 °С.

Все вентили баллонов и коллектора должны быть закрыты при замене пустых баллонов на заполненные.

В местах соединений шлангов не допускается «травление» газа. Для устранения негерметичности вентили на баллонах должны быть закрыты.

Разборка и ремонт вентиля баллонов и редукторов на рабочем месте запрещается. Ремонт должен производиться подготовленным персоналом.

Для того, чтобы предотвратить замерзание углекислого газа в редукторе, требуется перед редуктором установить подогреватель. Электрическая спираль подогревателя, который устанавливается к редуктору баллона с углекислым газом, не должна контактировать с баллоном. Питание подогревателя должно быть осуществлено от сети, в которой значение напряжения не превышает 42 В и мощность 70 Вт. Нагрев баллона должен быть исключен.

									15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						53

При проведении электросварочных работ в помещениях, они должны отвечать требованиям действующих норм и правил в строительстве, а также санитарных норм проектирования промышленных предприятий.

Рабочие места электросварщиков должны быть ограждены переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями. Ими могут быть щиты, ширмы или экраны из несгораемого материала. При этом их высота должна обеспечивать надежность защиты.

Стены и оборудование цехов, в которых проводится сварка должны быть окрашены в серый, желтый или голубой тона с рассеянным отражением света.

Полы помещений, предназначенных для выполнения сварочных работ должны быть несгораемые, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

В сборочно-сварочных цехах должно быть предусмотрено воздушное отопление, которое совмещено с приточной вентиляцией. Освещение цехов, в которых проводятся сборочно-сварочные работы должно быть организовано в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Допуск к проведению работ, связанных со сваркой должен проводиться после ознакомления с технической документацией и проведением инструктажа по эксплуатации оборудования и охране труда.

При выполнении работ по сварке и по сборке в одном помещении с другими работами, должны приниматься меры, которые исключают вероятность воздействия вредных и опасных производственных факторов на всех работающих.

Ширина проходов между оборудованием, движущимися механизмами и перемещаемыми деталями, а также стационарными многопостовыми источниками питания, должна быть не менее 1,5 м.

Основными показателями, характеризующими микроклимат производственных помещений, являются:

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		54

- температура воздуха;
- температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и т. п.), технологического оборудования или ограждающих его устройств;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Показатели микроклимата нормируются в зависимости от категории работ. В выпускной квалификационной работе категория работ Пб. К этой категории работ относят работы с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/ч (233...290 Вт), связанные с постоянной ходьбой и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников ПДУ инфракрасного излучения 140 Вт/м<sup>2</sup>.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы следующие защитные мероприятия:

- использование средств индивидуальной защиты, уменьшающих тепловое воздействие на организм человека;
- регламентация времени работы (перерывы в работе, сокращение рабочего дня и т. д.).

Источниками шума на производстве является транспорт, технологическое оборудование, системы вентиляции, пневмо- и гидроагрегаты, а также источники, вызывающие вибрацию. Средства защиты рабочих подразделяются на:

- средства коллективной защиты;
- средства индивидуальной защиты.

К средствам коллективной защиты относятся борьба с шумом в источнике его образования (то есть за счет создания малошумного оборудования и использования его в технологическом процессе производства) и борьба с шумом на пути его распространения. Второй путь используется тогда, когда на основе

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		55

известных и технически осуществимых методов снизить уровень шума на данном этапе не представляется возможным.

Снижение шума на пути его распространения осуществляется следующими методами:

- организационными;
- звукоизоляции;
- звукопоглощения;
- виброизоляции;
- дистанционного управления из звукоизолирующих кабин.

#### 4.3 Обеспечение электрической безопасности

В связи с тем, что участок проведения сварочных работ является источником возможного поражения электрическим током, должны соблюдаться следующие требования:

- источники сварочного тока должны быть заземлены;
- корпус любой электросварочной должен иметь индивидуальное заземление;
- токоведущие кабеля сварочной цепи по всей длине должны быть изолированы и защищены от механических повреждений;
- сварочные установки должны быть защищены предохранителями со стороны питающей сети;
- весь персонал, обслуживающий электросварочные установки, должен периодически проходить инструктаж об опасности поражения электрическим током и оказания первой помощи;
- сварочные цепи источников сварочного тока не должны имеет гальванических соединений с цепями, присоединяемыми к сети. Отдельные элементы сварочной цепи, а также отрезки сварочных кабелей при наращивании длины должны быть соединены разъемными соединительными муфтами. Запрещается применять соединения сварочной цепи скрутками с оголенным

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		56

кабелем. Токоведущие кабели сварочной цепи должны быть по всей длине изолированы и защищены от механических повреждений;

– при сварочных работах напряжение холостого хода источников сварочного тока не должно превышать максимальных значений, указанных в стандартах на соответствующее оборудование;

– соединение сварочных кабелей следует производить опрессовкой, сваркой или пайкой с последующей изоляцией мест соединения;

– подключение кабелей к сварочному оборудованию должно осуществляться при помощи спрессованных или припаянных кабельных наконечников;

– при прокладке или перемещении сварочных проводов необходимо принимать меры против повреждения их изоляции и соприкосновения с водой, маслом, стальными канатами и горячими трубопроводами. Расстояние от сварочных проводов до горячих трубопроводов и баллонов с кислородом должно быть не менее 0,5 м, а с горючими газами – не менее 1 м;

– в электросварочных аппаратах и источниках их питания элементы, находящиеся под напряжением, должны быть закрыты оградительными устройствами;

– сварочный аппарат должен присоединяться к источнику питания через рубильник и предохранители или автоматический выключатель, а при напряжении холостого хода более 70 В должно применяться автоматическое отключение сварочного трансформатора;

– в качестве обратного провода или его элементов могут быть использованы стальные шины и конструкции, если их сечение обеспечивает безопасное по условиям нагрева протекание сварочного тока. Соединение между собой отдельных элементов, применяемых в качестве обратного провода, должно быть надежным и выполняться на болтах, зажимах или сваркой;

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		57

#### 4.4 Обеспечение пожарной безопасности

В соответствии с НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» сварочный участок относится к категории «Г» производства, где в обращении находятся негорючие вещества и материалы, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла и искрения пламени.

Для ликвидации возможных очагов пожара в цеху устанавливается пожарный щит. По Правилам противопожарного режима РФ (ППР), утвержденных постановлением правительства РФ №390 от 25 апреля 2012г. нормы оснащения пожарными щитами для помещения категории «Г» класса пожара «В» предельная защищаемая площадь одним пожарным щитом составляет 1800 м<sup>2</sup>.

Для цеха площадью 5760 м<sup>2</sup> выберем четыре пожарных щита ЩП-В. В комплект пожарного щита входят:

- огнетушители воздушно-пенные вместимостью 10 л – 2 шт;
- порошковые вместимостью 10 л – 1 шт, 5 л – 2 шт;
- лом – 1 шт;
- ведро – 1 шт;
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала) – 1 шт;
- лопата штыковая – 1 шт;
- лопата совковая – 1 шт;
- ящик с песком объемом 0,5 м<sup>3</sup> – 1 шт.

#### 4.5 Безопасность при работе с подъемными устройствами

Управление грузоподъемными машинами, которые управляются с пола, а также к работам по подвешиванию грузов на крюк должны допускаться лица не моложе 18 лет после того, как пройден инструктаж и проведена проверка навыков

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		58



по управлению и строповке (обвязке) грузов в соответствии с установленными нормами и правилами.

Перед началом работы необходимо правильно надеть специальную одежду, специальную обувь, а также защитные средства, такие как очки, щиток, рукавицы и т.д.

После этого необходимо проверить исправность грузозахватных приспособлений по следующим критериям:

- по наличию на них бирок или клейм с указанием номера, величины грузоподъемности, а также даты изготовления;
- по наличию места обрыва отдельных проволочек троса, износа и коррозии, превышающих установленные нормы: для строп, которые изготовлены из стальных тросов наличие вытяжки и износа свыше 10% первоначального диаметра звена или трещин для строп, изготовленных из цепей.

Затем необходимо провести проверку исправности основных деталей и узлов грузоподъемной машины:

- проверить наличие и надежность закрепления защитного заземления корпуса кнопочной станции;
- проверить мягкость нажатия кнопок управления в гнездах;
- проверить состояние троса и правильность его наматывания на барабан;
- проверить износ крюка в зеве от грузозахватного приспособления: он не должен превышать 10% от номинального размера. Также проверить отсутствие трещин, разогнутость, наличие шплинтовки и свободное проворачивание крюка в крюковой подвеске.
- проверить работу тормоза при помощи контрольного груза. Также может использоваться груз, близкий к грузоподъемности механизма. Проверка проводится подъемом груза на высоту 200...300 мм с дальнейшей выдержкой в таком положении в течение 10 мин;
- проверить работу ограничителя высоты подъема крюка.

При обнаружении любого несоответствия грузоподъемной машины или грузозахватного приспособления устранять его самостоятельно запрещается

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		59

Для обвязки должны применяться стропы, соответствующие массе поднимаемого груза, с учетом числа ветвей каната или цепи и угла их наклона.

Канаты и цепи необходимо подбирать с такой длиной, чтобы угол между их ветвями не превышал 90°.

Запрещается поднимать груз, масса которого превышает максимальную грузоподъемность машины, указанную в паспорте.

Не допускается подъем крюка грузоподъемной машины до отметки ограничителя высоты подъема. Ограничитель высоты подъема крюка предназначен для аварийных целей. При обвязке и строповке груза с острыми кромками необходимо применять прокладки для предохранения строп от повреждения.

При подъеме или опускании груза, который установлен близко к колонне, стене, штабелю, железнодорожному вагону, станку и другому оборудованию, необходимо следить за тем, чтобы между грузом и указанными элементами не было людей и не находиться там самим.

При обнаружении ненадежной обвязки или зацепки груза необходимо опустить его и произвести строповку заново. Следует помнить, что удерживать стропы, которые соскальзывают с груза при его подъеме или транспортировке, а также поправлять их ударами молотка или лома запрещается

При перемещении груза в горизонтальном направлении он должен быть поднят на высоту не менее чем на 0,5 м выше лежащих на пути предметов. Груз следует поднимать и перемещать плавно, без рывков и раскачивания. При перекосе транспортируемого груза не допускается выравнивать поднимаемый или перемещаемый груз массой своего тела.

При перерывах в работе и по окончании работы не допускается оставлять груз в подвешенном состоянии.

По окончании работ необходимо выполнить следующие действия:

- поднять крюк грузоподъемной машины и выключить рубильник;
- убрать съемные грузозахватные приспособления в отведенное для их хранения место.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		60

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе нами была рассмотрена существующая технология изготовления корпуса биореактора переработки органических отходов предприятий агропромышленного комплекса. После проведения анализа базовой технологии, нами был сделан вывод о том, что она имеет существенные недостатки. В частности, наблюдается невысокая производительность, и высокий процент трудового участия сварщика, что повышает влияние человеческого фактора на выполнение сварных швов.

Для усовершенствования технологии нами было предложено изменить способ сварки кольцевых швов на автоматическую в среде защитных газов с применением роликового станда для позиционирования и вращения детали. Для сварки предложено применить сварочный центр на базе сварочной колонны ESAB CaB 300S. Также была проведена оценка свариваемости и заменена сварочная проволока, были подобраны оптимальные параметры режима сварки. Кроме того было обнаружено, что существующие методы контроля недостаточны и было предложено применить рентгеновскую дефектоскопию для выявления внутренних дефектов и испытания на межкристаллитную коррозию.

В своей работе мы старались применять универсальное оборудование и оснастку, что увеличит техническую оснащенность предприятия и позволит расширить номенклатуру выпускаемой продукции.

Мы считаем, что применение данных мероприятий позволит повысить культуру труда, улучшить качество изделия и получить экономический эффект, вследствие увеличения производительности и уменьшения участия высококвалифицированных рабочих при проведении работ.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		61

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акулов, А. И. Технология и оборудования сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. – М.: «Машиностроение», 1977. – 432с. с ил.
2. Медовар, Б И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей - Киев ; Москва : Машгиз. [Юж. отд-ние], 1958. - 339 с. : ил.
3. Каховский, Н. И. Сварка нержавеющей сталей. - Киев : [Техніка], 1968. - 312 с. : ил.
4. Гитлевич, А. Д. Механизация и автоматизация сварочного / А. Д. Гитлевич, Л. А. Этингоф. - Москва : Машиностроение, 1972. - 280 с. : ил.
5. Севбо, П. И. Конструирование и расчет механического сварочного оборудования . - Киев : Наукова думка, 1978. - 399 с. : ил.
6. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением/ Под ред. акад. Б. Е. Патона.–М.: Машиностроение, 1974. –768 с.
7. Сварка и резка в промышленном строительстве / [Б.Д. Малышев, А.И. Акулов, Е.К. Алексеев и др.] ; Под ред. канд. техн. наук Б.Д. Малышева. - Москва : Стройиздат, 1977. - 780 с. : ил.
8. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры - Москва : Изд-во стандартов, сор. 1996. - 59 с.;
9. ГОСТ 23518-7. Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: Стандартиформ, 2011. - 25 с.
10. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод - Москва : Изд-во стандартов, 1995. - 31 с.;
11. ГОСТ 34347-2017. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические - Москва : Стандартиформ, 2018. - VI, 103 с. : ил.

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		62

12. ГОСТ 6032-2017. Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость против межкристаллитной - Москва : Стандартинформ, 2017.- 31 с. : ил.

13. СТО ЮУрГУ 04-2008. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению. Компьютерная версия. – 2-е изд. перераб./ Составители: Т. И. Парубочая, Н. В. Сырейщикова, В. И. Гузеев, Л. В. Винокурова. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2008. – 56 с

14. ESAB. Сварка изделий из нержавеющей стали. Технический справочник. <http://www.esab.ru>

15. ESAB. Автоматическая сварка. Каталог оборудования. <http://www.esab.ru>

16. <http://www.ntcexpert.ru/>

17. <https://ncontrol.ru/>

18. <http://stanki-katalog.ru/>

					15.03.01.2020.607.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		63