

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет
Промышленных технологий
электроэнергетики и транспорта
(наименование)

Направление подготовки

Профиль

Кафедра
«Сварочное, литейное производство
и материаловедение»
(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование)

«Оборудование и технология
сварочного производства»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

«Разработка технологии сборки и сварки корпуса
абсорбера из стали 09Г2С»

Студент

Мяшиков А.В. 20.06.22
(подпись, дата)

Мяшиков А.В.
(фамилия полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент

Крюков Д.Б. 20.06.22
(подпись, дата)

Крюков Д.Б.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

Хорин А.В. 20.06.22
(подпись, дата)

Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 08.06.2022 № 14)

Заведующий кафедрой

Розен А.Е. 21.06.22
(подпись, дата)

Розен А.Е.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГЭК от 22.06.2022 № 5)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

Гуськов М.С. 22.06.22
(подпись, дата)

Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2022

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта
Кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой СЛПИМ
д.т.н., профессор А. Е. Розен

подпись

« 02 » сентября 2021 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студента гр. 183МО41 Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта Политехнического института ПГУ, заочной формы обучения по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Мясникова Александра Викторовича.

Научный руководитель работы: к.т.н., доцент Крюков Д.Б.

Время выполнения ВКР: с 16.05.22 г. по 26.06.2022 г.

Место преддипломной практики: кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение» ПГУ

Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки корпуса абсорбера из стали 09Г2С

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 962А/О от 7.12.21 г.

Техническое задание на работу (назначение изделия, технология сборки и сварки): Разработать технологию сборки и сварки корпуса абсорбера

- рабочее давление 0,1 МПа;
- установка на открытом воздухе;
- температура рабочей среды от минус 40 до плюс 150 °С.

Объём и содержание основной части работы

Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний):

- введение с обоснованием актуальности темы исследования, установления объекта и предмета, постановкой цели и задач исследования;
- литературно-патентный обзор с выявлением патентной и научно-технической информации, исследованием технического уровня и тенденций развития технологии сварки;
- анализ объекта производства с обоснованием выбора основного материала корпуса и корпусных элементов;

- конструкторская часть – проектные расчеты корпуса колонки и корпусных элементов, расчеты на прочность сварных соединений;
- технологическая часть с расчетами режимов сварки, выбором сварочного оборудования и сварочных материалов, назначение методов контроля качества сварных соединений и выбор средств технологического оснащения;
- заключение – выводы и обоснования по теме работы и полученным результатам.

Графическая часть бакалаврской работы (перечень и содержание плакатов):

- | | |
|---|--------|
| - общий вид резервуара | 1л А1; |
| - детализовки | 1л А1; |
| - технологические параметры режимов сварки | 1л А1; |
| - методы контроля сварных соединений и КСС | 1л А1; |
| - средства технологического оснащения | 1л А1; |
| - заготовительные операции и материалы | 1л А1; |
| - расчёт на прочность и работоспособность элемента конструкции абсорбера в программе «ПАССАТ» | 1л А1; |

Рекомендуемая литература:

1. Усатый С.Г. Проектирование сварных конструкций. Расчет сварных соединений [Текст]: учебное пособие / С.Г. Усатый, А.Е. Розен, С.Н. Чугунов, С.Г. Ракитин, А.В. Прышак - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2010. - 132 с.
2. Гордиевский В.Г. Инженерно-технологические основы подготовки сварочного производства [Текст]: учебное пособие / В.Г. Гордиевский, А.Е. Розен, С.Г. Усатый, С.С. Солдатова, А.О. Кривенков, А.В. Прышак - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2010. - 276 с.

Дата выдачи задания: 7.12.2021

Руководитель ВКР:

к.т.н., доцент

 Крюков Д.Б.

Задание к исполнению принял студент

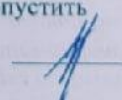
гр. 183МО41

 Мясников А.В.

16.05.2021 г.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Директору Политехнического института ПГУ

 Козлов Г.В.

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
И ТРАНСПОРТА
кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»

Руководитель ВКР

к.т.н., доцент Крюков Д.Б.

подпись

« 16 » мая 2022 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

на выпускную квалификационную работу

Студенту гр. 183МО41 Факультета машиностроения и транспорта
Политехнического института ПГУ, заочной формы обучения по направлению
подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Мясникову Александру Викторовичу.

Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки корпуса абсорбера из
стали 09Г2С

Наименование этапа работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении
	начало	окончание	
1. Получение задания, его уяснение, беседа с руководителем. Подготовка к выполнению ВКР.	16.05.22	19.05.22	AK
2. Подбор и изучение рекомендованной литературы.	20.05.22	22.05.22	AK
3. Изучение объекта исследования, постановка цели и задачи работы. Написание введения.	24.05.22	27.05.22	AK
4. Проведение литературно-патентного обзора. Выбор основных нормативно-технических документов.	28.05.22	31.05.22	AK
5. Проектирование и расчет элементов конструкции изделия. Оформление соответствующего раздела.	04.06.22	03.06.22	AK
6. Разработка технологии сборки и сварки изделия. Контроль качества сварных соединений. Оформление соответствующих разделов.	04.06.22	06.06.22	AK

7. Завершение оформления пояснительной записки, схем и рисунков.	07.06.22	09.06.22	✓
8. Представление завершённой ВКР нормоконтролеру	10.06.22	12.06.22	✓
9. Представление ВКР руководителю на просмотр и проверку на плагиат.	13.06.22	15.06.22	✓
10. Предварительная защита ВКР	16.06.22	18.06.22	✓
11. Полное завершение всех работ и представление зав. кафедрой на подпись пояснительной записки (совместно с графической частью, протоколом проверки на плагиат и отзывом руководителя)	19.06.22	21.06.22	✓
12. Защита выпускной квалификационной работы	22.06.22	26.06.22	✓

Прохождение каждого этапа подготовки ВКР подтверждается подписью руководителя.

Студент учебной группы 183МО41 Мясников А.В.
 "16" мая 2022 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

ОТЗЫВ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ
РАБОТУ БАКАЛАВРА

Мясникова Александра Викторовича

Тема работы:
«Разработка технологии сборки и сварки корпуса
абсорбера из стали 09Г2С»

Выпускная квалификационная работа содержит 116 с., 20 рис., 24 табл., 28 использованных источников. Графическая часть из 7 листов формата А1.

Предметом работы является: разработка технологии сборки и сварки корпуса абсорбера из стали 09Г2С в соответствии с нормативно-технической документацией.

К задачам выпускной квалификационной работы относятся:

- проведение анализа объекта производства;
- выбор основных материалов конструкции;
- расчет и проектирование элементов конструкции;
- разработка технологического процесса сборки и сварки изделия с выбором сварочного оборудования и средств технологического оснащения;
- назначение методов контроля качества сварных соединений.

В выпускной квалификационной работе, в соответствии с исходными требованиями к сварной конструкции, выполнено проектирование элементов конструкции корпуса абсорбера и средств технологического оснащения, разработана технология сборки и сварки.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены задачи по методике выбора основных и сварочных материалов; расчету и проектированию сварной конструкций; расчёту режимов и выбору

оборудования для получения качественных сварных соединений; составлению и составу технологической документации, применяемой в области сварочного производства; контролю качества сварных соединений.

Конструкция корпуса вертикального резервуара является технологичной, выбранные способы и режимы сварки позволяют выполнить сварные соединения требуемого качества при минимальных затратах.

Предлагаемая технология сборки и сварки корпуса абсорбера обеспечивает стабильность производства; повышение производительности; простоты, надежности; уменьшение энерго и металлоемкости.

Мясников А.В. относится к числу дисциплинированных студентов, умеющих планировать время выполнения работы и способных самостоятельно принимать рациональные инженерные решения.

За время выполнения выпускной квалификационной работы Мясников А.В. показал себя технически грамотным студентом, обладающим современными методами решения профессиональных задач.

Выполненная работа соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам.

Считаю, что выпускная квалификационная работа может быть допущена к защите в ГАК, а ее автор Мясников А.В. заслуживает присвоение квалификации бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение» и профилю подготовки «Оборудование и технология сварочного производства».

Руководитель ВКР
к.т.н., доцент каф. «СЛП и М»
ФГБОУ ВО «ПГУ»



Крюков Д.Б.

Ректору Пензенского государственного университета
А. Д. Гулякову
студента 4 курса Факультета промышленных технологий, энергетики и транспорта
Мясникова Александра Викторовича

ЗАЯВЛЕНИЕ

Я, Мясников Александра Викторович, студент 4 курса заочной формы обучения направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», бакалаврская программа «Оборудование и технология сварочного производства», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат» выпускной квалификационной работы на тему: «Разработка технологии сборки и сварки корпуса Абсорбера из стали 09Г2С», выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Я ознакомлен с действующим Стандартом университета «Выпускная квалификационная работа обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры», согласно которому обнаружение плагиата является основанием для недопуска ВКР к защите и отчисления из университета.



(подпись студента)

16.06.2022

(дата)

ВКР представлена на проверку 16.06.2022

(дата)

Руководитель ВКР

Подпись


И.О. Фамилия

Протокол

проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ» выпускной квалификационной работы на тему «Разработка технологии сборки и сварки корпуса абсорбера из стали 09Г2С» студента 4 курса Мисникова Александра Викторовича направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Оборудование и технология сварочного производства». Руководитель ВКР Крюков Дмитрий Борисович к.т.н., доцент каф. «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

Результат проверки на плагиат бакалаврской работы Мясникова Александра Викторовича составляет 52,43% оригинальности, что соответствует существующим требованиям стандарта СТО ПГУ 3.12-2018. Выпускная квалификационная работа может быть рекомендована к защите.



СПРАВКА

в результатах проверки текстового документа
на наличие зашифрованных

Пензенский государственный университет

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Масников А.В.
Самостоятельное
расчетное д.ис. Масников А.В.
Название работы: В.С. Масников Александр Викторович
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подназвание: Пензенский государственный университет, каф. "Сварочное, литейное производство и материаловедения"

РЕЗУЛЬТАТЫ

10. Текст и содержание комментариев не подлежат публикации в открытом доступе.

Самостоятельно	С помощью	Всего	Самостоятельно	С помощью	Всего
43,21%	56,79%	100%	43,21%	56,79%	100%
62,43%	37,57%	100%	62,43%	37,57%	100%
4,73%	95,27%	100%	4,73%	95,27%	100%
0%	100%	100%	0%	100%	100%

DATA SOURCE: THE PIAA 2004-2005

DATA W SPRAWE KUPYNTYPOZADOL 21.06.2022 19:21

Модуль поиска: ИПС Адллит; Библиография, Своими коллекция ЗС; Интернет Плюс; Своими коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (Pib); Переводные заимствования по ВЛКАДУ НИ (Eib); Переводные заимствования по Интернету (Eib); Переводные заимствования издательства Wiley (Wib); ВЛКАДУ НИ; СПС ГАРАНТ; Медицина; Диссертация НББ; Переводные заимствования по ВЛКАДУ НИ; Переводные заимствования по Интернету; Патенты СССР РФ, СНГ; Модуль поиска "ПЗ". СМИ России и СНГ. Шаблоны факса; Кольцо звуков; Издательство Wiley; Переводные заимствования

Работу проверил: Крюков Д. Б.

650

DAVID HODGSON

21.06.22



Чтобы убедиться в подлинности справки, используйте QR-код, который содержит ссылку на отчет.

Отвѣтъ на вопросъ, является ли объединенное казахстанское правительство, пытаясь оставить на усмотрѣніе промышленности, предоставляющей информацию не подлежащей оглашению, в коммерческих целях.

21.06.22
(дата)

Крюков Д.Б.
(И.О. Фамилия руководителя ВКР)

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 102 с., 21 рис., 24 табл., 28 использованных источников, 3 прил. Графическая часть из 7 листов формата А1.

ОБЕЧАЙКА, ДНИЩЕ, СТАЛЬ, СВАРКА, ШОВ, СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА, СОЕДИНЕНИЕ, ФЛЮС, КАЧЕСТВО, РЕЖИМЫ СВАРКИ, СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Объектом разработки является корпус абсорбера из стали 09Г2С.

Предметом исследования является процесс сборки и сварки корпуса абсорбера из стали 09Г2С.

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки корпуса абсорбера из стали 09Г2С в соответствии с НТД.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- а) провести анализ объекта производства, определить назначение и технические требования конструкции;
- б) произвести выбор основных материалов сварочной конструкции;
- в) спроектировать сварную конструкцию;
- г) произвести выбор способов сварки;
- д) разработать технологию сборки и сварки изделия с выбором материалов;
- е) рассчитать режимы сварки с последующим выбором оборудования и средств технологического оснащения;
- ж) назначить методы контроля качества сварных соединений.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.		Мясников А.В.			Разработка технологии сборки и сварки корпуса абсорбера из стали 09Г2С	Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Крюков Д.Б.					7		
Реценз.						Каф. СЛПМ гр. 183М041			
Н. Контр.		Хорин А.В.							
Утверд.		Розен А.Е.							

Содержание

Введение.....	12
1 Патентный обзор.....	14
2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и технические требования.....	17
3 Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции.....	20
4 Расчет и проектирование сварной конструкции	24
5 Выбор способа сварки.....	43
6 Обоснование выбора сварочных материалов	45
7 Техника и технология сборки и сварки изделия	48
8 Расчет параметров режимов сварки	55
9 Выбор сварочного оборудования и технологической оснастки.....	73
10 Расчеты на прочность в программе Пассат	82
11 Контроль качества сварных соединений	86
11.1 Предварительный контроль	86
11.2 Визуальный и измерительный контроль	86
11.3 Ультразвуковой контроль	87
11.4 Гидравлические испытания сварных соединений.....	87
11.5 Механические испытания	88
11.6 Капиллярный контроль	89
Заключение	90
Список литературы	91
Приложение А Карты технологического процесса сварки.....	94
Приложение Б Графическая часть.....	109

Введение

Современное химическое производство со специфическими условиями работы химического оборудования, характеризуемыми часто высокими рабочими параметрами (температурой и давлением), особенно при агрессивности, токсичности и огне, и взрывоопасности перерабатываемой среды и в основном большой производительности, требует создания аппаратов только высокого качества.

Высокое качество аппаратов характеризуется: высокой эффективностью, зависящей от эффективности технологического процесса, осуществляемого в аппарате, и его производительности, долговечностью (сроком службы не менее 10 лет); экономичностью (минимальной стоимостью проектирования, конструкционных материалов, изготовления, а также эксплуатационных расходов); надежностью, безопасностью, удобством и простотой обслуживания в эксплуатации, зависящих как от качества продукции, так и от качества изготовления; формой аппарата, удовлетворяющей требованиям технической эстетики (округлая форма, отсутствие острых выступающих частей и т.д.).

В данной дипломной работе представлен технологический процесс сборки и сварки в заводских условиях элементов конструкции корпуса абсорбера. Проектируемая конструкция представляет собой емкостной аппарат, выпускаемый в условиях серийного производства, целью проектирования данной конструкции является решение задач, которые предъявляются определённым видом требований.

В дипломной работе выполняются задачи:

- анализ объекта производства.
- служебное назначение, описание конструкции и технические требования.
- проектирование и расчет элементов конструкции изделия. – разработка технологии сборки и сварки изделия.
- контроль качества сварных соединений.
- выбор и модернизация средств технологического оснащения.

Для решения поставленных задач в данной работе были рассмотрены различные технические решения и предложены специальные виды оборудования, которые повысят производительность и качество выпускаемой продукции.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Патентный обзор

Патентное обзор – это исследование технического уровня и тенденций развития объектов хозяйственной деятельности, их патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности (эффективности использования по назначению) на основе патентной и другой информации. В данной выпускной квалификационной работе рассматривается, технологический процесс сборки и сварки в заводских условиях корпуса абсорбера из стали 09Г2С.

Патентное исследование проводится в следующем порядке: – формулируется краткое чёткое задание; – разрабатывается регламент поиска; – обосновывается индекс международной патентной классификации; – систематизируется и анализируется отобранная информация; – обобщаются результаты; – разрабатываются рекомендации; – составляется отчёт.

Целью данного патентного исследования является исследование технического уровня и тенденции развития оборудования для сборки и сварки корпуса нефтегазового сепаратора из стали 09Г2С. Регламент поиска состоит из определения вида поиска, его глубины или ретроспективности (количества лет), также в регламенте поиска указывается перечень стран ограничивающие объём поиска, выбираются источники информации, по которым будет вестись поиск аналогов объекта, а также индекс МПК.

Дата составления регламента – 13.04.2022.

Объект поиска – стенды для сварки обечаек.

Начало поиска – 14.04.2012.

Завершение поиска – 22.05.2022.

Страны поиска – Россия.

Ретроспективность – 10 лет.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	14
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

В результате проведения поиска было выявлено некоторое количество объектов изобретений по направлению:

- а) В 23 К 9/18; В 23 К 101/06 – способ многодуговой сварки под флюсом
- б) В 23 К 37/02(2012.01) – устройство для рентгенографического контроля сварных швов стенки резервуара;
- в) В 23 К 9/032 (2012.01); В 23 К 31/02 (2006.01) В 23 К 37/02 (2006.01) – способ автоматической дуговой сварки и устройство для его осуществления;
- г) В 23 Q 3/152, В 23 Q3/06, В 23 Q 7/05, В 23 К 37/04, В 23 К 101/12 – роликовый стенд для совмещения обечайки с обечайкой и обечайки с днищем.
- д) В 23 К 37/00 (2012.01), G 01 В 15/08 (2006.01), В 23 К 9/10 (2006.01) – устройство для оценки качества сварного шва

Для проведения дальнейшего анализа были отобраны описания изобретений, представляющих собой полуавтоматические установки применяемых для сборки емкостных аппаратов.

Результаты проведенного поиска отображены в таблице 1.

Таким образом, проанализировав найденную информацию можно сделать вывод что технология сборки и сварки емкостного оборудования идёт в сторону увеличения степени автоматизации.

Применение в сборочно-сварочных операциях специального оборудования повышает производительность труда и качество выпускаемой продукции.

Таблица 1 – Результаты поиска патентной информации

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи и номер охранного документа. Классификационный индекс МПК	Заявитель (патентообладатель), страна, номер заявки, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
1	2	3	4
Технология сборки и сварки емкостного оборудования	Россия, B 23 K 9/18 B 23 K 101/06 RU 2681070	Акционерное общество "Инжиниринговая компания "АЭМ-технологии" (АО "АЭМ-технологии") (RU) 9.18.12	Способ многодуговой сварки под флюсом [13]
Технология сборки и сварки емкостного оборудования	Россия, B 23 K 37/02 RU 2734 684	Болгов Евгений Николаевич (RU) 23.12.2019	Способ автоматической дуговой сварки и устройство для его осуществления [2]
Технология сборки и сварки емкостного оборудования	Россия, B23 K9 /032(2006.01) B23K31/02(2006.01) B23K 37/02 (2006.01) RU 2409456	Научно-производственное предприятие "Технотрон", ООО (RU) 13.11.2014	Способ автоматической дуговой сварки и устройство для его осуществления [2]
Технология сборки и сварки емкостного оборудования	Россия, B 23 K 9/032 (2006.01) B 23 K 31/02 (2006.01) B 23 K 37/02 (2006.01)	Открытое акционерное общество «Татнефть» им. В.Д. Шашина, Россия, 2013143488/02, 02.10.2015	Роликовый стенд для совмещения обечайки с обечайкой и обечайки с днищем
Технология сборки и сварки емкостного оборудования	Россия, RU 2550673C2, B23 K 37/00 (2006.01) G01 B 15/08 (2006.01) B23 K 9/10 (2006.01)	Общество с ограниченной ответственностью "ТЕХМАШСЕРВИС" (RU) 25.03.2013	Устройство для оценки качества сварного шва

Проведя патентный обзор было выявлено, что современный уровень техники находится на высоком техническом уровне и развивается.

2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и технические требования

Объектом дипломной работы является абсорбер. Абсорбер представляет собой цилиндрический, вертикальный сосуд объемом 16м³

Абсорбер – это колонный аппарат, который сверху орошается абсорбентом; снизу в него подается газовая смесь. Поверхностный абсорбер представляет собой вертикальные емкостные аппараты, заполненные до середины проточным абсорбентом. Через вводный или выводной штуцера над поверхностью абсорбента пропускают газовую смесь, из которой абсорбент поглощает рабочий компонент. Для отвода тепла, выделяющегося при абсорбции, в абсорберах устанавливают змеевики, охлаждаемые водой, абсорберы в сосуды с проточной водой или орошают наружные поверхности стенок [2]. Внутренним диаметром 2000 мм и цилиндрической части 4200 мм, установленной на вертикальной цилиндрической опоре.

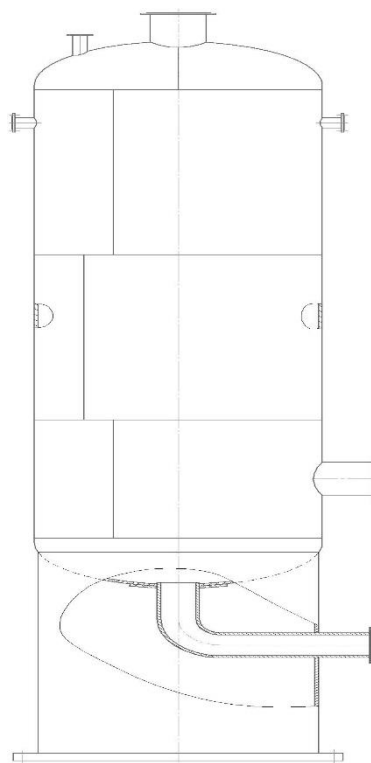


Рисунок 1 – Абсорбер АК-0,1-183МО012

Данная конструкция проектируется в соответствии с нормами и правилами в области промышленной безопасности федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности приказ 536 [2], ГОСТ 34347-2017 [3], ГОСТ 31838-2012 [4].

Аппарат эксплуатируется в неотапливаемом помещении, при диапазоне температур от минус 40 до плюс 150 °С, рабочей средой сероводород. Расчетный срок службы 10 лет. Число циклов нагружения за весь срок службы не более 2000.

Сварка корпуса абсорбера осуществляется в автоматическом режиме под слоем флюса на современном сварочном оборудовании аттестованными специалистами.

Абсорбер испытывается на прочность и герметичность пробным гидравлическим давлением в соответствии с технической характеристикой в течение 10 или более минут. Течь и отпотевания в сварных швах, основном металле, фланцевых и резьбовых соединениях не допускаются.

Перед окраской абсорбер подвергается 100% ультразвуковому контролю сварных соединений (при нормативе 25%) все это обеспечивает высокую надежность и безопасность работы сосудов под давлением. Окраска наружной поверхности абсорберов производится в окрасочной камере на предварительно подготовленную поверхность (дробеструйная обработка). Поверхности сварных швов и околошовных зон, подлежащие контролю неразрушающему методами, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 55724–2013 [5].

Строповые устройства испытать путем подъема аппарата с дополнительным грузом массой составляющей 25% от массы аппарата

В связи с тем, что конструкционные стали подвержены коррозии, их необходимо защитить от взаимодействия окружающей среды с поверхностью металла.

Наружные поверхности кроме присоединительных и резьбовых окрасить грунт-эмаль "Черта" Срок годности 7 лет. Окрашенные поверхности должны

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	18
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

соответствовать VI классу покрытия по ГОСТ 9.032-74 [6]. Группа условий эксплуатации УХЛ1 по ГОСТ 15150-69 [7]

Перед тем как нанести антикоррозийное покрытие необходимо:

а) зачистить металл от ржавчины, окалин, и других поверхностных дефектов металла;

б) зачистить сварные швы от шлака, брызг, наплывов;

в) сварные швы должны быть без сварных неровностей, наплывов, подрезов и иметь плавный переход к основному металлу;

г) все поверхности должны быть обеспылены, обезжирены, и отчищены от оксидов.

Не допускаются подтеки лакокрасочных покрытий.

Материалы для изготовления крепежных изделий на фланцевые соединения должны быть в термообработанном состоянии.

Сортовой прокат должен быть испытан на ударный изгиб при температуре минус 40°C, при этом значение ударной вязкости должно быть не менее 39 Дж/см².

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	19
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

3 Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции

При выборе материала для изготовления корпуса абсорбера следует учитывать эксплуатационные свойства, такие как: диапазон рабочих температур от плюс 150 до минус 40, рабочее давление 0,1 МПа, наименование и состав рабочей среды абсорбера, которой является парогазовая смесь сероводород H_2S до 50% H_2O до 45%.

Выбор основного материала для корпуса абсорбера и его элементов производим в соответствии с ГОСТ 34347-2017 и ГОСТ Р 53678-2009 [9].

Допустимая рабочая температура стенки абсорбера от плюс 150°C до минус 40°C предварительно выбираем низколегированную сталь 09Г2С ГОСТ19281-2014. Массовая доля элементов стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014 представлена в таблице 2, а механические свойства в таблице 3.

Таблица 2 – Массовая доля элементов стали 09Г2С ГОСТ 19281-2014 в %

Химический элемент	Углерод (C)	Кремний (Si)	Марганец (Mn),	Никель (Ni)	Сера (S)	Фосфор (P),	Азот (N)	Медь (Cu)	Мышьяк (As)	Хром (Cr)
%	До 0.12	0.5-0.8	1.3-1.7	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.008	до 0.3	до 0.08	до 0.3

Таблица 3 – Механические свойства при T=20°C стали 09Г2С
ГОСТ19281-2014

Толщина, мм	Предел текучести σ_T , Н/мм ² , не менее	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ² , не менее	Ударная вязкость КСU, Дж/с ³ при T,°C, не менее			Относительное удлинение δ , %, не менее
			+20	-40	-70	
От 5 до 10	295	490	64	339	234	21

Так как рабочей средой абсорбера является сероводород произведем проверку правильности выбора стали с учетом химического состава и твердости по ГОСТ Р 53678-2009.

Сталь 09Г2С полностью соответствует требованиям ГОСТ Р 53678-2009, в частности приложения А данного ГОСТа, подразделов: А.2.1 «Общие требования к углеродистым и низколегированным сталям», А.2.1.4 «Сварка», таблицы А.1. А именно: твердость стали 09Г2С составляет 115 HV по Виккерсу, что менее допустимого значения 250 HV которое приведено в таблице 4, содержат менее 1% никеля, поставляется в нормализованном состоянии.

Таблица 4– Допустимые максимальные значения твердости сварных швов

Методика измерения твердости	Места измерения твердости для аттестации технологии сварки	Е.д твердости, не более
HV10 или HV5 по Виккерсу или HRN 15 О Роквеллу	Корень шва: Основной металл, металл HAZ и корня шва	250HV 70,6HRN 15
	Основной металл и HAZ для сварки наплавлением	250HV 70,6HRN 15

Следовательно, сталь марки 09Г2С может быть применена для изготовления деталей, контактирующих с рабочей средой, содержащей H₂S, при условии проведения обязательного испытания стойкости к сероводородному коррозионному растрескиванию под напряжением.

Для данной марки стали не свойственна склонность к перегреву, сталь не охрупчивается и не разрушается. Конструкционная сталь 09Г2С обладает высокой способностью сохранять свои характеристики при работе под давлением в широком температурном интервале, долговечна, устойчива к нагрузкам с переменным вектором силы, а также подвергается термической обработке, которая оказывает значительное влияние на показатели механических показателей.

Несмотря на то, что сталь 09Г2С является низколегированной, она не проявляет такое свойство, как флокеночувствительность. Малое присутствие углерода в сплаве обеспечивает удовлетворительный показатель свариваемости

деталей из стали этой марки. Нужно отметить, что высокое содержание углерода в сплавах при его выгорании приводит к возникновению дополнительных микропор, а также к образованию закалочной структуры, что отрицательно сказывается на качестве сварного шва, а в стали 09Г2С этого не наблюдается. Сварка стали 09Г2С не требовательна к типу электродов и может проходить с использованием таких способов сварки, как ручная дуговая, электрошлаковая, автоматическая дуговая сварка под флюсом и с газовой защитой. Сплав марки 09Г2С не имеет ограничений по свариваемости материала, а детали из листового проката с сечением до 40 мм могут подвергаться сварке без предварительной разделки кромок. Детали, подготовленные к сварке, не нуждаются в дополнительной химической или термической обработке. Миграция легирующих элементов

по всему сечению сварного шва обеспечивает его высокие прочностные характеристики и одновременно хорошие технические показатели ударной вязкости.

Одним из ключевых параметров в производстве сварных конструкций является свариваемость сталей, которая во многом определяет выбор способов сварки и виде технологических процессов.

Учитывая, что стандартное определение свариваемости носит прикладной характер и отражает функциональное назначение изделий со сварной конструкцией в условиях эксплуатации, целесообразно ввести в употребление новый термин — функциональная свариваемость.

Определение функциональной свариваемости практически полностью совпадает по сути с определением свариваемости по ГОСТ 29273-92 [10] — функциональная свариваемость — свойство металлов и сплавов образовывать при соответствующей технологии сварки соединения с металлической целостностью, отвечающие требованиям нормативно-технической документации на эксплуатационные показатели конкретного изделия со сварной конструкцией.

Свариваемость стали обеспечивается технологией ее изготовления и химическим составом.

Конструкционная сталь для сварных конструкций 09Г2С, в общем, отличаются хорошей свариваемостью. Снижать свариваемость могут вредные примеси, если содержание их превышает норму.

При анализе свариваемости дифференцированно оценивают сопротивление сварных соединений образованию холодных и горячих трещин и трещин повторного нагрева.

Формулы для определения показателей свариваемости углеродистых и низколегированных сталей имеют вид:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{M_n}{6} + \frac{S_i}{24} + \frac{N_i}{40} + \frac{C_r}{4} + \frac{M_o}{5} \% \quad (3.1)$$

где С, Мп, Сг, Мо, V, Cu, Ni - массовые доли в стали углерода, марганца, хрома, молибдена, ванадия, никеля и меди соответственно в процентах. Медь, никель, хром, содержащиеся в сталях как примеси, при расчете не учитывают, если их суммарное содержание не превышает 0,20%.

Для стали 09Г2С углеродистый эквивалент будет равен:

$$C_{\text{экв}} = 0,06 + \frac{1,5}{24} + \frac{0,15}{40} + \frac{0,15}{4} = 0,164 \%$$

Если углеродистый эквивалент составляет не более 0,25%, то свариваемость стали хорошая.

Если углеродистый эквивалент находится в диапазоне от 0,25 до 0,4 %, то свариваемость стали удовлетворительная.

Если углеродистый эквивалент находится в диапазоне от 0,4 до 0,5 %, то свариваемость стали ограниченная.

Если углеродистый эквивалент составляет 0,5% и выше, то сталь трудно свариваемая, и необходимы дополнительные операции. Углеродистый эквивалент для стали 09Г2С находится в интервале до 0,25 следовательно, эта сталь хорошей свариваемости.

4 Расчет и проектирование сварной конструкции

Проектируемый в выпускной квалификационной работе корпус абсорбера представлен на рисунке 2

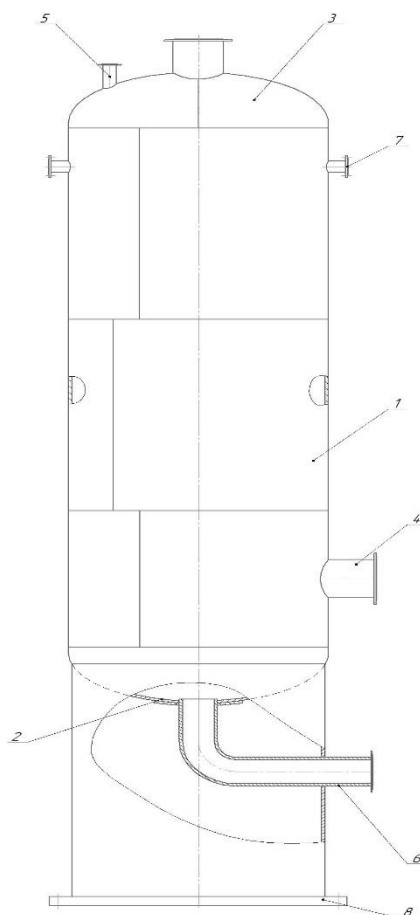


Рисунок 2 – Корпус абсорбера: 1 – обечайка, 2 – днище, 3 – фланец, 4 – люк, 5 – штуцер, 6 – патрубок, 7 – штуцер, 8 – опора

Основные размеры для данного аппарата, выбираются в соответствии с ГОСТ 31838-2017. В соответствии с которым для абсорбера номинальным объемом 16 м^3 назначаем внутренний диаметр обечайки равный 2000 мм, общую длину обечайки 4200 мм, а длина с учетом двух эллиптических днищ и корпуса нижнего будет равна 7400 мм.

По ГОСТ 24755-89 [11] под расчетным давлением в рабочих условиях для элементов сосудов и аппаратов следует понимать давление, на которое проводится

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	24
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

их расчет на прочность. Под пробным давлением в сосуде или аппарате следует понимать давление, при котором проводится испытание сосуда или аппарата.

При повышении давления в сосуде или аппарате во время действия предохранительных устройств более чем на 10%, по сравнению с рабочим, элементы аппарата должны рассчитываться на давление, равное 90% давления при полном открытии клапана или предохранительного устройства.

Давление в сосуде при действии предохранительного клапана определяется по формуле [11]:

$$P_k = P_{\text{раб}} + 0,05 \text{ при } P_{\text{раб}} \leq 0,3 \text{ МПа,} \quad (4.1)$$

Подставляем известные значения в формулу.

$$P_k = 0,1 + 0,05 = 0,15 \text{ МПа.}$$

Расчетное давление без учёта гидростатического давления определяется по формуле:

$$P_p = 0,9 \cdot P_k \text{ при } P_{\text{раб}} \leq 6,0 \text{ МПа,} \quad (4.2)$$

Подставляем известные значения в формулу 4.2

$$P_p = 0,9 \cdot 0,15 = 0,14 \text{ МПа.}$$

Согласно ГОСТ 24755-89 если на элементы сосуда или аппарата действует гидростатическое давление, составляющее 5% или более от рабочего давления, то расчётное давление повышают на величину гидростатического давления.

Гидростатическое давление среды, действующее на элементы сосуда, определяется по формуле:

$$P_r = \rho_c \cdot q \cdot H_c \cdot 10^{-6}, \quad (4.3)$$

где: ρ_c – плотность абсорбента в аппарате, кг/м³;

q – ускорение свободного падения, м/с²;

H_c – высота среды в аппарате с люком и патрубком, м.

Тогда,

$$P_r = 1035 \cdot 9,81 \cdot 2,978 \cdot 10^{-6} = 0,0296 \text{ МПа.}$$

Так как гидростатическое давление среды,

$$P_r = 0,0296 > 0,05 \cdot 0,1 = 0,005 \text{ МПа},$$

составляет более 5% от рабочего, то расчётное давление с учётом гидростатического давления среды определяется по формуле:

$$P_{рас} = P_p + P_r \quad (4.4)$$

$$P_{рас} = 0,14 + 0,0296 = 0,169 \text{ МПа}.$$

Пробное давление определяется по формуле:

$$P_{пр} = 1,25 \cdot P_{рас} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (4.5)$$

где $P_{рас}$ – расчетное давление сосуда, МПа;

$[\sigma]_{20}$ – допускаемое напряжение для материала сосуда при температуре 20 °С, МПа;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала сосуда при расчетной температуре 150 °С, МПа

$$P_{пр} = 1,25 \cdot 0,169 \cdot \frac{196}{171} = 0,24 \text{ МПа}$$

Гидростатическое давление воды в условиях испытания определяем по формуле.

$$P_{Гводы} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 5,895 \cdot 10^{-6} = 0,0572 \text{ МПа}.$$

Так как гидростатическое давление воды

$$P_{Гводы} = 0,0572 > P_{пр} \cdot 0,05 = 0,24 \cdot 0,05 = 0,012 \text{ МПа}$$

составляет более 5% от пробного, то расчетное давление определяем по формуле с учетом гидростатического давления среды

$$P_u = P_{пр} + P_{Гводы} \quad (4.6)$$

$$P_u = 0,24 + 0,012 = 0,252 \text{ МПа}$$

Проверяем необходимость расчета на прочность в условиях испытания

$$P_u = 0,252 < 1,35 \cdot P_{рас} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,169 \cdot \frac{196}{171} = 0,26 \text{ МПа}$$

Так как расчетное давление в условиях испытания меньше расчетного давления в рабочих условиях, умноженного на $1,35 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}$, то расчет на прочность не нужно проводить для условий испытания.

Рассчитаем толщину стенки обечайки по ГОСТ24755-89. Схема обечайки представлена на рисунке 3

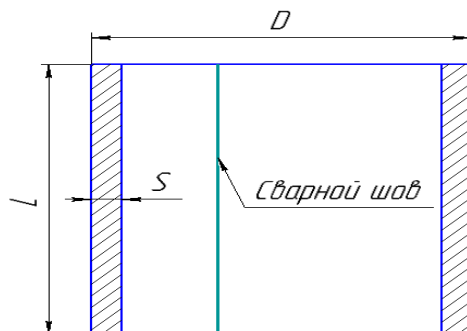


Рисунок 3 – Схема обечайки в разрезе: l – длина обечайки;
S – толщина изделия

По безмоментной теории расчёта оболочек рассчитываем толщину стенки по формуле:

$$S_p = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_R - P} \quad (4.7)$$

где:

P_p - расчетное давление;

D - диаметр корпуса;

φ_R - коэффициент прочности сварных швов обечайки;

$$S_p = \frac{0,169 \cdot 2000}{2 \cdot 171 \cdot 1 - 0,169} = 0,98 \text{ мм}$$

Исполнительную толщину стенки определяют по формуле [11]:

$$S_I = S_p + C \quad (4.8)$$

где, S_I – исполнительная толщина стенки, мм;

C – прибавка к расчетным толщинам, мм.

Прибавка к расчетной толщине стенки определяется по формуле [11]:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (4.9)$$

где, C_1 – прибавка на компенсацию коррозии, мм;

C_2 – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

C_3 – технологическая прибавка, мм.

Прибавка для компенсации коррозии C_1 определяем по формуле:

$$C_1 = E_1 \cdot \tau, \quad (4.10)$$

где, E_1 – скорость коррозии, мм/год;

τ – срок службы изделия, лет

$$C_1 = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки без прибавки для компенсации минусового допуска S_1 вычисляется по формуле:

$$S_1 = S + C_1 \quad (4.11)$$

Подставляем известные значения в формулу.

$$S_1 = 0,98 + 3 = 3,98 \text{ мм}$$

Предварительно принимаем лист толщиной 4 мм.

Прибавка для компенсации минусового допуска определяется по

ГОСТ 19903–2015 и при толщине проката от 3,9 до 5,5 мм составляет $c_2 = 0,4$ мм.

Проверяем необходимость учёта прибавки для компенсации минусового допуска C_2 по формуле:

$$C_2 = 0,4 > 0,05 \cdot S_1 \quad (4.12)$$

Подставляем известные значения в формулу 3.12

$$C_2 = 0,4 > 0,05 \cdot 4 = 0,20 \text{ мм}$$

Прибавка C_2 учитывается, так как составляет более 5% от толщины листа, согласно ГОСТ24755-89

Расчётную толщину стенки обечайки S вычисляем по формуле:

$$S = S_1 + C_2 \quad (4.13)$$

Подставляем известные значения в формулу.

$$S = 4 + 0,4 = 4,4 \text{ мм}$$

Принимаем предварительно исполнительную толщину стенки S равной 5 мм.

Допускаемое давление рассчитываем по формуле:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + (S - C)} \quad (4.14)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 171 \cdot 1 \cdot (5 - 3,4)}{2000 + (5 - 3,4)} = 0,27 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется

$$P = 0,169 < [P] = 0,27$$

Проверяем условие применения расчетных формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{5 - 3,4}{2000} = 0,0008 < 0,1$$

Условие выполняется.

Величина развёртки обечайки определяется по формуле:

$$L_p = \pi \cdot \left(D_{вн} + S + \frac{a}{2} \right) - b_1 - b_2 \quad (4.15)$$

где L_p - длина развёртки обечайки, мм;

$D_{вн}$ - внутренний диаметр обечайки, мм;

a - 1% от внешнего диаметра.

b_1 - припуск на зазор,

b_2 - припуск на механическую обработку.

$$L_p = \pi \cdot \left(2000 + 8 + \frac{22,12}{2} \right) - 2 - 2 = 6336 \text{ мм}$$

Для изготовления обечаек и заготовок для днищ применяют заготовки из листового проката, поставляемого по ГОСТ 19903–2015. Для получения заготовок требуемых геометрических размеров и формы проводится резка металла. Обечайка

представляет собой конструкцию цилиндрической формы диаметром 2012 мм, длиной 4200 мм и толщиной 6 мм. В качестве заготовки используем два листа 6400х1500х6 мм и лист 6400х1200х6 мм по ГОСТ 19903-2015.

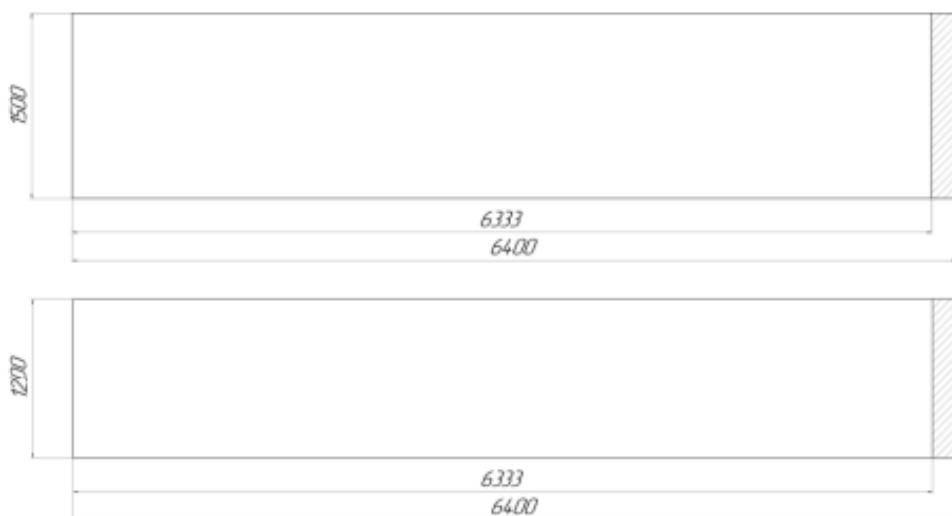


Рисунок 4 – Схема раскроя листов для изготовления абсорбера

Произведем расчет днищ. Днища проектируемой ёмкости имеют эллиптическую форму. Выбор основных геометрических размеров днища проводят в соответствии с ГОСТ 6533-78 [12]. Так же, как и обечайки, днища рассчитываются по безмоментной теории расчёта оболочек. Расчетная схема эллиптических днищ изображена на рисунке 5

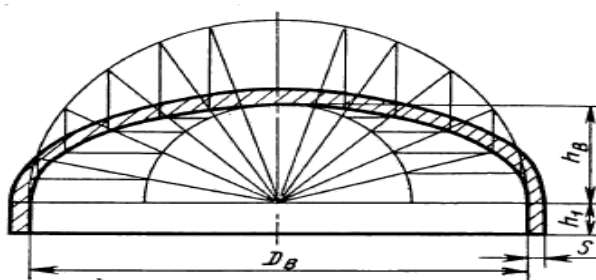


Рисунок 5 – Расчетная схема эллиптических днищ

Расчётную толщина стенки эллиптических днищ (S_{1p}) определяем по формуле [11]: ГОСТ 34233-2017

$$S_{1P} = \frac{P_p \cdot R}{2\varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_p} + C_1 + C_2 \quad (4.16)$$

где, R – радиус кривизны в вершине днища, м

φ – коэффициент для днищ в зависимости от формы (выполнено из 1 заготовки);

Радиус кривизны в вершине днища рассчитывается по формуле

$$R = \frac{D^2}{4H_d} \quad (4.17)$$

Размер H_d рассчитывается по формуле

$$H_d = 0,25 \cdot D \quad (4.18)$$

$$H_d = 0,25 \cdot 2000 = 500 \text{ мм}$$

$$R = \frac{2000^2}{4 \cdot 500} = 2000 \text{ мм}$$

$$S_{1P} = \frac{0,169 \cdot 2000}{2 \cdot 0,95 \cdot 171 - 0,5 \cdot 0,169} + 3 + 0,4 = 4,38 \text{ мм}$$

В соответствии с ГОСТ 6533-78 принимаем толщину стенки днища

$S = 6$ мм, так как это значение является минимально допустимым. Учитывая толщину стенки днища, принимаем толщину стенки обечайки так же равной

$S = 6$ мм.

Допускаемое давление рассчитываем по формуле:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{R + 0,5 \cdot (S - C)} \quad (4.19)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 171 \cdot 0,95 \cdot (5 - 3,4)}{2000 + 0,5(5 - 3,4)} = 0,25 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется

$$P = 0,169 < [P] = 0,25$$

Проверяем условие применения расчетных формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{5 - 3,4}{2000} = 0,0008 < 0,1$$

Условие выполняется.

Диаметр исходной заготовки из листа рассчитывается по формуле 4.20, приведённой в ГОСТ 6533-78 [11]:

$$D = 2 \cdot \sqrt{(D_B + s) \cdot (h_1 + 0,345 \cdot \xi \cdot (D_B + s))} \quad (4.20)$$

где, D_B - внутренний диаметр днища

s - толщина стенки днища,

h_1 - высота отбортовки днища,

ξ - коэффициент, который выбирается в зависимости от отношения $\frac{D_H}{s}$.

$$D = 2 \cdot \sqrt{(2000 + 6) \cdot (40 + 0,345 \cdot 1,002 \cdot (2000 + 6))} = 2426 \text{ мм}$$

Заготовка для одного днища будет иметь размеры 2426x2426 мм

Для получения заготовок для днищ требуемых геометрических размеров и формы проводится резка металла. В качестве заготовки используем два листа 2500x1250x6 мм по ГОСТ 19903-2015.

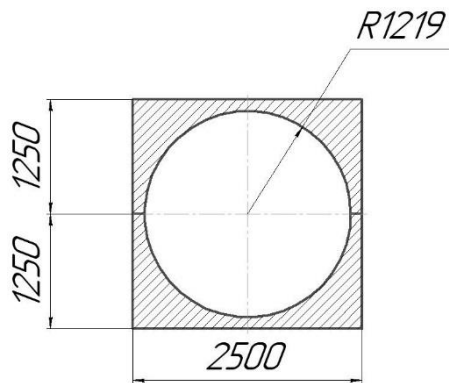


Рисунок 6 – Схема раскроя листа размером 2500×2500 мм для изготовления двух эллиптических отбортованных днищ

Коэффициент использования материала для изготовления одного аппарата теплообменного будет рассчитываться следующим образом:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	32
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

$$КИМ^{lim} = \frac{S_{исп}}{S_{полн}} \cdot 100\% \quad (4.21)$$

где, $S_{исп}$ - использованная площадь листов,

$S_{полн}$ - полная площадь листов.

Определяем коэффициент использования материала (КИМ), согласно ГОСТ 14.322–83 [12] по формуле:

$$КИМ = \frac{S_{из}}{S_3} > 0,7 \quad (4.22)$$

где $S_{из}$ – площадь изделия, мм²;

S_3 – площадь заготовки, мм²;. Площадь изделия определяем по формуле [12]:

$$КИМ = \frac{4 \cdot \pi \cdot 1219^2 + 2 \cdot (6333 \cdot 1500) + (6333 \cdot 1200)}{(1250 \cdot 2500) \cdot 4 + (1500 \cdot 6400) \cdot 2 + (1200 \cdot 6400)} \cdot 100\% = 87\%$$

По ГОСТ 14.322–83 должно выполняться условие по формуле 4.21. Проверяем условие технологичности раскроя по формуле 4.21. С учетом выбора данных размеров листа коэффициент использования материала КИМ равен 0,87, что больше предельного значения 0,7. Данное значение коэффициента свидетельствует о технологичном выборе заготовки для изготовления днищ.

Для изготовления обечаек и заготовок для днищ применяют заготовки из листового проката, поставляемого по ГОСТ 19903–2015. Для получения заготовок требуемых геометрических размеров и формы проводится резка металла. Для раскроя листа металла с целью дальнейшего изготовления из него обечайки используется станок плазменной резки с ЧПУ «Kompakt Fiber» представленный на рисунке 7. Подготовка чертежей для станка осуществляется в программах AutoCAD и ArchiCAD, а также Corel Draw и других. Открыть чертеж можно в SheetCamTNG: здесь создают массив для работы с числовым программным управлением. Эта программа позволяет решать основные задачи, предшествующие запуску технологического процесса, в том числе компоновку деталей и изменение их величины. Главной ее задачей является создание модели движения резака.

Станок плазменной резки с ЧПУ Kompakt Fibe изображен на рисунке 7, технические характеристики которого приведены в таблице 5.



Рисунок 7 – Станок плазменной резки с ЧПУ Kompakt Fibe

Таблица 5 – Техническая характеристика станка плазменной резки с ЧПУ Kompakt Fibe

Наименование параметра	Значение параметра
Длина зоны обработки, мм	1000
Ширина зоны обработки, мм	2000
Толщина резки, мм	0,5-20
Мощность лазера, кВт	3
Точность позиционирования, мм	±0,1
Повторяемая точность, мм	±0,5
Максимальная скорость, м/мин	45
Максимальное ускорение, м/с ²	5,7
Скорость подъема горелки, м/мин	8
Объем основной памяти, МБ	2012
Мощность приводов, Вт	1005
Размер монитора, дюйм	15
Вес, кг	2000
Габаритный размеры, мм	3100x2440x1600

В качестве оборудования для формообразования днищ выбираем гидравлический пресс Erfurt PKnVT VI 800 FS, изображено на рисунке 8



Рисунок 8 – Гидравлический пресс Erfurt PKnVT VI 800 FS

Таблица 6 – Техническая характеристика гидравлического пресса Erfurt PKnVT VI 800 FS

Наименование параметра	Значение параметра
Макс. ширина гибки(мм)	3200
Мин. толщина гибки(мм)	6
Макс. толщина гибки(мм)	12
Давление МПа	245
Макс. размер диаметра гибки(мм)	2000
Диаметр верхнего вала(мм)	400
Диаметр нижнего вала(мм)	350
Гидравлическая система (МПа)	18
Скорость гибки (м/мин)	4
Двигатель (кВт)	22
Габаритный размеры , мм	6300x2100x1860

Продольные и кольцевые швы обечаек выполняют с помощью автоматической сварки под слоем флюса и оформляют в соответствии с ГОСТ 8713-79 [13].

Анализ типов соединений по ГОСТ 8713-79 при известной толщине стенок обечайки и днищ показывает, что проплавление корня шва обеспечит двусторонний шов. Этому условию отвечают тип соединения С29 изображенный на рисунке 9.

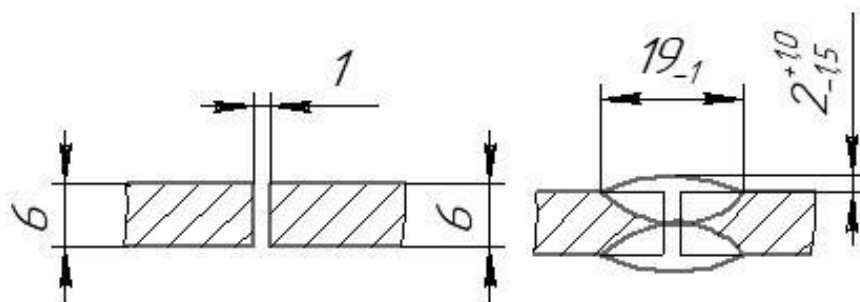


Рисунок 9 – Сварное соединение типа С29 ГОСТ 8713–79.

Конструктивные параметры кромок и сварных швов принимаются согласно выполненному ранее расчёту и ГОСТ 8713–79 .

Проверку прочности сварных соединений днища и обечайки считаем выполненной, если выполняется условие [11]:

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (4.23)$$

где σ – напряжение в сварном соединении, МПа;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при растяжении, МПа.

Напряжение в сварном соединении σ определяем по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F} \quad (4.24)$$

где, N – продольная нагрузка, растягивающая шов;

F – площадь поперечного сечения шва

Продольную нагрузку N рассчитываем по формуле:

$$N = P_{рас} \cdot T \quad (4.25)$$

где, $P_{рас}$ - расчетное давление, МПа

T – расчетная площадь поверхности, на которую действует избыточное давление в резервуаре, определяем по ГОСТ 6533-78.

Подставляем известные значения в формулу:

$$N = 0,169 \cdot 4590000 = 775710 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечения шва определяется по формуле:

$$F_{ш} = \delta \cdot L_{ш} \quad (4.26)$$

где, $L_{ш}$ – длина сварного шва, мм

δ - толщина шва, мм

Длину рассчитываемого сварного шва $L_{ш}$ определяем по формуле:

$$L_{ш} = \pi \cdot d_{ш} - 10 \quad (4.27)$$

где, $d_{ш}$ – наружный диаметр шва.

$$L_{ш} = 3,14 \cdot 2012 - 10 = 6308 \text{ мм}$$

Подставляем известные значения в формулу:

$$F_{ш} = 6 \cdot 6308 = 37846 \text{ мм}^2$$

Подставляем известные значения в формулу:

$$\sigma = \frac{775710}{37846} = 20,5 \text{ МПа}$$

Подставляем известные значения.

$$20,5 \leq 171 \text{ МПа}$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве равное 20,5 МПа меньше значения допускаемого напряжения 171 МПа, сварные соединения работоспособны.

Для продольного шва обечайки, выполняемого автоматической сваркой под слоем флюса, применяем соединение типа С29, расчёт на прочность которого ведётся по формуле:

$$\sigma_{ш} = \frac{N}{F_{ш}} \leq [\sigma] \quad (4.28)$$

где N – растягивающая сила;

$F_{ш}$ – площадь поперечного сечения шва;

Растягивающая сила N будет определяться по формуле:

$$N = P_{рас} \cdot \Pi \quad (4.29)$$

где, Π – расчетная площадь поверхности, на которую действует избыточное давление в цистерне, определяется по формуле:

$$\Pi = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot l \quad (4.30)$$

где, R – радиус обечайки; l – длина обечайки

$$P = 2 \cdot \pi \cdot 1000 \cdot 4200 = 26376000 \text{ мм}^2$$

Определяем растягивающие усилие N подставив полученные и известные значения по формуле 4.27

$$N = 0,169 \cdot 26376000 = 4208544 \text{ Н}$$

Площадь металла шва $F_{ш}$ определяется по формуле:

$$F_{ш} = a \cdot b \quad (4.31)$$

где, a – длина шва, мм

b – толщина шва, мм

Подставляем известные значения в формулу 4.31

$$F_{ш} = 4200 \cdot 6 = 25200 \text{ мм}^2$$

Обладая всеми необходимыми данными определим прочность сварного шва:

$$\sigma_{ш} = \frac{4208544}{25200} \leq 171$$

$$\sigma_{ш} = 167 \leq 171 \text{ Н/мм}^2.$$

Условие выполняется, следовательно, шов работоспособен.

Для приварки штуцера к обечайке соединение У6 ГОСТ 14771-76 [14] изображено на рисунке 10.

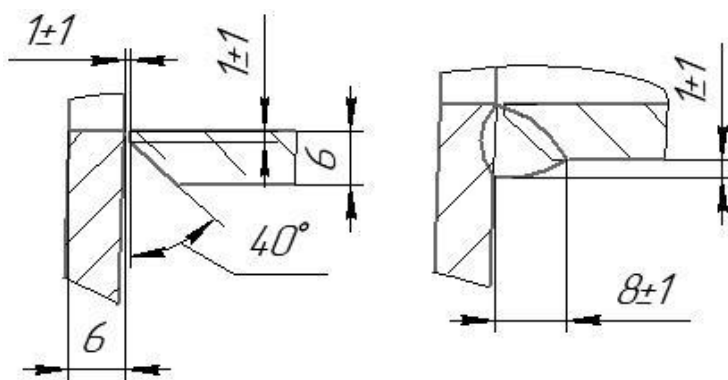


Рисунок 10 – Сварное соединение типа У6 ГОСТ 14771-76.

Расчет угловых соединений проводим по формуле [11]:

$$\tau = \frac{N}{F} \leq [\sigma] \quad (4.32)$$

где τ – напряжение среза в угловом сварном соединении;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при срезе.

Площадь поперечного сечения F для угловых швов рассчитывается по формуле [11]:

$$F = \beta \cdot h_{ш} \cdot L_{ш}, \quad (4.33)$$

где, β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва;

$h_{ш}$ – толщина углового шва

$L_{ш}$ – длина сварного шва

Длина сварного шва $L_{ш}$ определяется по формуле [11]:

$$L_{ш} = \pi d_{ш} - 10 \quad (4.34)$$

где, $d_{ш}$ – наружный диаметр штуцера.

Подставляем известные значения в формулу:

$$L_{ш} = 3,14 \cdot 108 - 10 = 329,12 \text{ мм}$$

Подставляем известные значения в формулу:

$$F = 0,7 \cdot 8 \cdot 329,12 = 1843 \text{ мм}^2$$

Допускаемое напряжение при срезе $[\tau]$ рассчитываются по формуле [11]:

$$[\sigma] = (0,5 \dots 0,65) \cdot [\tau], \quad (4.35)$$

$$[\sigma] = (0,5 \dots 0,65) \cdot 171 = 85,5 \dots 111,15 \text{ МПа}$$

Сила среза N будет определяться по формуле [11]:

$$N = R_{пр} \cdot \Pi \quad (4.36)$$

где, Π – расчётная площадь поверхности

Расчётная площадь поверхности Π для штуцера определяем по формуле [11]:

$$\Pi = \pi \cdot \frac{d_{ш}^2}{4}, \quad (4.37)$$

$$\Pi = \pi \cdot \frac{108^2}{4} = 9156 \text{ мм}^2$$

Тогда,

$$N = 0,169 \cdot 9156 = 1547 \text{ Н}$$

Обладая необходимыми данными определяем напряжение среза углового сварного соединения:

$$\tau = \frac{1547}{1873} = 0,83 \leq 96,5 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, следовательно, шов работоспособен.

Условие выполняется, следовательно, сосуд выдержит нагрузку.

Расчёт укрепления отверстия проводится согласно ГОСТ 34347-2017 [2]: при внутреннем давлении, равным $P = 0,169$ МПа. Схема укрепления отверстия накладным кольцом изображена на рисунке 11.

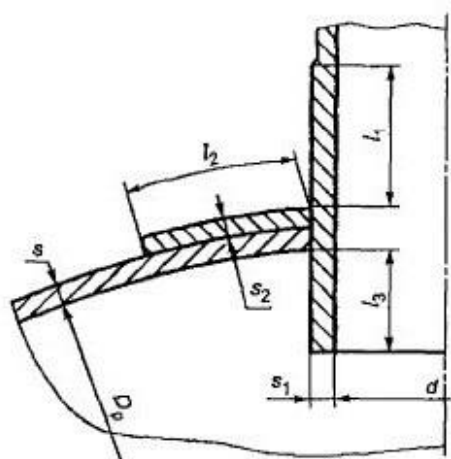


Рисунок 11 – Укрепление отверстия накладным кольцом

Расчётный внутренний диаметр элемента определяется по формуле:

$$D_p = 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{D} \right)^2} \quad (4.38)$$

где, $D = 2000$ - внутренний диаметр цилиндрической обечайки, мм.

x - расстояние от центра укрепляемого отверстия до оси эллиптического днища, мм;

$$D_p = 2 \cdot 2000 \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{560}{2000} \right)^2} = 3487 \text{ мм}$$

Расчётный диаметр отверстия определяется по формуле:

$$d_p = d + 2 \cdot c_s \quad (4.39)$$

где c_s – сумма прибавок к расчётной толщине стенки штуцера, мм;

d – внутренний диаметр штуцера, мм;

и равен: $d_p = 108 + 2 \cdot 3,4 = 114,8 \text{ мм}$

Расчётная толщина стенки штуцера определяется по формуле:

$$S_{1p} = \frac{P_{pac} \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_p} \quad (4.40)$$

и равна:

$$S_{1p} = \frac{0,169 \cdot (2000 + 2 \cdot 3,25)}{2 \cdot 171 \cdot 1 - 0,169} = 0,99 \text{ мм}$$

Фактическое значение толщины стенки штуцера будет равно:

$$S_1 = S_{1p} + c \quad (4.41)$$

$$S_1 = 0,99 + 3,25 = 4,2 \text{ мм}$$

Принимается минимальное значение толщины штуцера равной $S_1 = 5 \text{ мм}$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующий дополнительного укрепления по формуле:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{S - c}{S_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (S - c)} \quad (4.42)$$

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{6 - 3,25}{4,2} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{2000 \cdot (6 - 3,25)} = 56 \text{ мм}$$

Так как $d_0 < d_p$ отверстие нуждается в укреплении .

В соответствии с АТК 24.218.06-90, ориентируясь на Ду и давление принимаем толщину стенки штуцера равной 6 мм.

В программе «ПАССАТ» был произведен расчет на прочность и работоспособность элемента конструкции резервуара по ГОСТ 34347- 2017. Данный расчет находится в приложении В.

В качестве примера расчета было выбрана опора. Расчеты подтверждают, что элемент конструкции удовлетворяет всем условиям прочности в работоспособности.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	42
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		

5 Выбор способа сварки

Руководствуясь нормативно-техническими документами, а также известными данными о геометрических размерах конструкции и сварных соединений для проведения сборочно-сварочных работ принимаем автоматическую сварку под слоем флюса по ГОСТ 8713–79 [13] совместно с механизированной сваркой в среде защитных газов по ГОСТ 14771–76 [14] и ГОСТ 23518–79 [15]. Для выполнения продольных и кольцевых швов принимаем автоматическую сварку под слоем флюса в виду ее удобства и высокой производительности.

Автоматической сваркой под слоем флюса выполняют нахлесточные, стыковые и тавровые соединения в нижнем положении. Флюсы разнообразны, обладают разными свойствами, составом и назначением, при сварке выполняют следующие функции:

а) защита расплавленного металла сварочной ванны от контакта с воздухом;
б) легирование, рафинирование и раскисление металла шва;
в) изменение теплового режима сварки, за счет понижения скорости охлаждения металла;

г) обеспечение устойчивого горения дуги;

д) улучшение условий формирования шва. Недостатками данного метода являются: – хранение и подготовка сварочных флюсов; – отсутствие возможности выполнять сварку в разных пространственных положениях, без специального оборудования; – затруднена регулировка положения дуги относительно кромок изделия. Данный способ широко применяется в сварке однородных и разнородных металлов и сплавов толщиной от 1,5 до 150 мм и более в цеховых и монтажных условиях. Для выполнения всех угловых соединений применяем механизированную сварку в среде CO₂. Сварка изделий из низкоуглеродистых и низколегированных сталей в среде защитных газов является одним из самых

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	43
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

распространенных способов механизированную сварку в машиностроении. При выполнении сварки этим способом в зону дуги подается защитный газ, который способствует защите сварочной ванны и расплавленного металла от воздействия внешней среды, окисления и азотирования. Механизированная сварка в среде защитных газов обладает более высокой производительностью по сравнению с ручной дуговой сваркой. Данным методом можно производить сварочные работы во всех пространственных положениях. За счет использования защитного газа зона сварки хорошо защищена от кислорода и азота атмосферы. При применении данного способа сварки отсутствует необходимость очистки шва от шлаков. Так же достоинством является: высокие механические свойства и постоянство состава наплавленного металла, хороший внешний вид сварного шва, малая зона теплового влияния, уменьшающая деформации, возникающие при сварке, возможность сварки металлов малой толщины

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	44
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

6 Обоснование выбора сварочных материалов

Выбор сварочных материалов для автоматической сварки под слоем флюса производится на основании ГОСТ 2246-70 [16] (проволока стальная сварочная) и ГОСТ 52222-2004 [17] (флюсы сварочные плавные для автоматической сварки).

Химический состав металла шва и его физико-механические свойства определяются составом сварочной проволоки и флюса. Поэтому флюс и проволоку выбирают как единую систему, обеспечивающую требуемое качество сварных швов.

Для автоматической сварки под флюсом деталей из углеродистых и низколегированных сталей, эксплуатируемых при температуре ниже минус 40, СТО 00220368-012-2008 [18] в соответствии с ГОСТ 2246-70 и ГОСТ 52222-2004 рекомендует использовать сварочные проволоки и флюсы, указанные в таблице 7

Химический состав сварочных проволок и флюсов приведен в таблицах 8, 10.

Таблица 7 – Сварочные материалы для автоматической сварки под флюсом углеродистых и низколегированных сталей

Марка свариваемой стали	Марка проволоки по ГОСТ 2246, ТУ 14-1-2219	Марка флюса по ГОСТ Р 52222	Минимальная температура эксплуатации сварных соединений, °С
09Г2С	Св-08Г2С	АН-42	Не ниже минус 70

Таблица 8 – Химический состав сварочной проволоки

Марка проволоки	Химический состав, %, не более								
	P	Si	Mn	Ni	Cr	Cu	N	S	
Св-08Г2С	0,030	0,07-0,9	5	1,8-2,1	до 0,01	0,2	0,25	до 0,01	0,025

Примечания: С – углерод; Si – кремний; Mn – марганец; Cr – хром; Ni – никель; Cu – медь; S – сера; P – фосфор.

На основании ГОСТ 2246-70 диаметры сварочной проволоки и предельные отклонения по ним должны соответствовать указанным в таблице 9.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ				45
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата					

Таблица 9 – Диаметры сварочной проволоки и предельные отклонения

Номинальный диаметр проволоки	Предельное отклонение для проволоки, предназначенной	
	для сварки (наплавки)	для изготовления электродов
1,0 1,2 1,4 1,5	-0,09	-
1,6 2,0	-0,12	-0,06
2,5 3,0	-0,12	-0,09

Таблица 10 – Химический состав сварочного флюса

Марка флюса	Массовая доля, %						
	оксид кремния (IV)	оксид марганца (II)	оксид кальция	оксид магния	фтористого кальция	фтористого натрия	оксида алюминия
АН-42	30-35	14- 9	12-18	-	14-20	-	13-17

Продолжение таблицы 10

Марка флюса	Массовая доля, %					
	оксид калия + натрия	оксид железа (III)	оксид титана (IV)	оксид циркония (IV)	Серы	Фосфора
					не более	
АН-42	-	не более 0,1	-	-	0,05	0,07

Произведем выбор сварочных материалов для механизированной сварки в среде защитных газов. В качестве защитного газа была выбрана двуокись углерода жидкая сварочная поставляемая по ГОСТ 8050-85 [12]. Углекислоту транспортируют и хранят в стальных баллонах или цистернах большой емкости в жидком состоянии с последующей газификацией на заводе, с централизованным снабжением сварочных постов через рамы. В баллоне емкостью 40 л содержится 25 кг CO₂, дающего при испарении 12,5 м³ газа при давлении 760 мм рт. ст. Баллон черного цвета, надписи желтые. При использовании углекислого газа из-за большого количества кислорода в газовой фазе сварочная проволока должна содержать дополнительное количество легирующих элементов, таких как Si и Mn (больше чем требуется для легирования металла шва). Выбранная ранее сварочная

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	46
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

проволока Св-08Г2С соответствует данному требованию и применяется для сварки в среде CO₂. Все прихватки выполнены механизированной сваркой.

Физико-химические показатели двуокиси углерода ГОСТ 8050-85 [23] приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Физико-химические показатели двуокиси углерода

Наименование показателя	Норма	
	Высший сорт	1-й сорт
Объемная доля двуокиси углерода (CO ₂), %, не менее	99,8	99,5
Массовая концентрация минеральных масел и механических примесей, мг/кг, не более	0,1	0,1
Массовая концентрация водяных паров при температуре 20 °С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/см ³ , не более	0,037	0,184
Соответствие температуре насыщения двуокиси углерода водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) и температуре, °С, не выше	-48	-34

Перед использованием защитного газа из каждого баллона следует проверить его качество, для чего наплавляют на пластину валик длиной от 100 до 150 мм. По внешнему виду поверхности наплавки определяют надежность газовой защиты. Если испытываемый газ входит в состав смеси, то и наплавка производится в смеси газов. При наличии пор в направленном металле шва газ, находящийся в баллоне, бракуется.

7 Техника и технология сборки и сварки изделия

Для перемещения деталей при выполнении прямолинейных и вращения изделий при выполнении круговых (кольцевых) швов должны использоваться сварочные кантователи, манипуляторы, роликовые стенды и другое специальное оборудование, обеспечивающее необходимые скорости вращения.

Для повышения точности сборки и уменьшения сварочных деформаций соединяемых деталей рекомендуется использовать центраторы, кондукторы, стапели и другие специальные технологические приспособления и оснастку.

Для предотвращения возникновения холодных трещин все сварочные работы при изготовлении емкостей следует выполнять при положительных температурах воздуха в закрытых отапливаемых помещениях.

Стационарный сварочный участок должен быть оборудован периодически работающей приточно-вытяжной общей и местной вентиляцией, обеспечивающей санитарные нормы чистоты воздуха и исключающей подачу пыли извне. Общая освещенность сварочного участка должна быть около 50 люкс/м².

При использовании источников питания постоянного тока для уменьшения зоны термического влияния рекомендуется выполнять сварку на постоянном токе с обратной полярности (“минус” на изделии, “плюс” на электроде).

Сварку соединения следует начинать сразу после прихватки. Непосредственно перед сваркой необходимо проверить состояние поверхности свариваемых элементов и в случае необходимости зачистить их. В случае применения термической резки на кромках должен быть удалён слой металла механическим способом на глубину не менее 1 мм от максимальной неровности (впадины). Кромки свариваемых деталей не должны иметь следов ржавчины, окалины, масла и прочих загрязнений. Кромки должны проходить визуальный осмотр для выявления пороков металла. Не допускаются расслоения, закаты, трещины. Кромки должны соответствовать чертёжным размерам.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	48
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

В общем случае технология автоматической сварки под слоем флюса предусматривает выполнение следующих основных операций: возбуждение сварочной дуги, перемещение трактора или сварочной головки в процессе сварки, порядок наложения сварных швов в зависимости от типа шва и конструктивных особенностей сварных соединений.

При сборке изделий под сварку взаимное положение деталей фиксируется друг относительно друга с помощью специальных приспособлений или прихваток - временных коротких прерывистых швов.

В технологии сварки необходимо задавать параметры согласно требованиям нормативно-технических документов, регламентирующих сварку. Параметры прихваток назначаются в зависимости от марки основного материала, толщины металла в зоне сварки протяженности шва (диаметра трубы или длины прямолинейного участка).

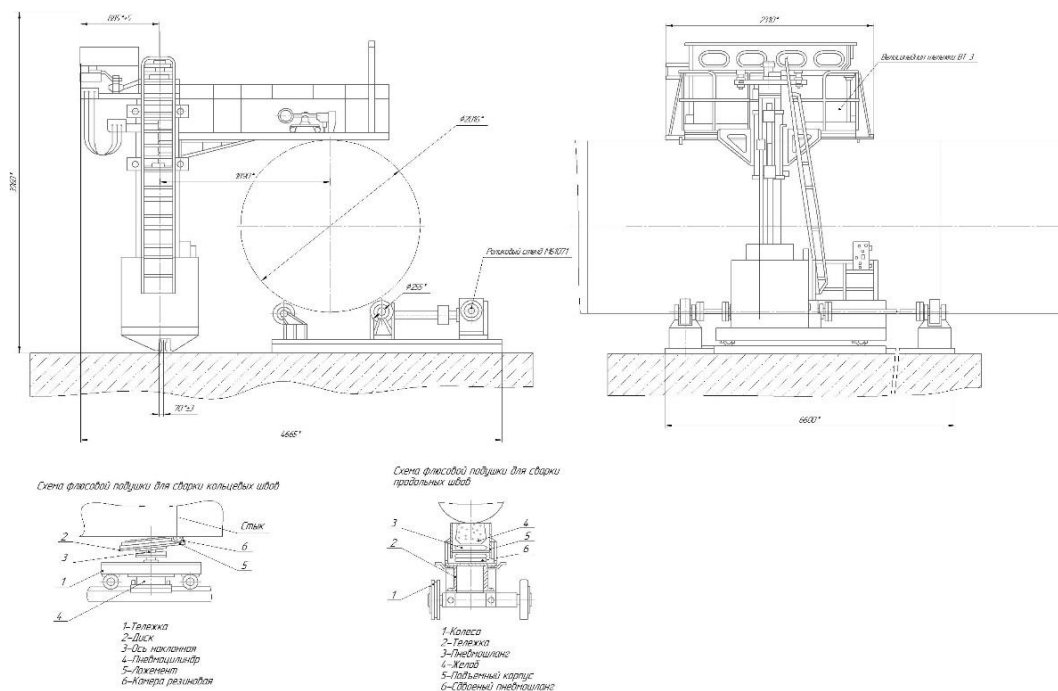
Обычно, если толщина металла детали в зоне сварки меньше или равна 3,0 мм, то высота прихватки должна быть равной толщине. При толщине от 3,0 до 12,0 мм высота прихваток составляет 0,6 - 0,7 толщины, но не менее 3,0 мм в зависимости от протяженности сварного шва прихватки могут иметь различную длину. Требования к прихватке: длина каждой прихватки должна составлять от 20 до 30 мм; толщина прихваток от 3 до 5 мм; расстояние между прихватками от 300 до 400 мм.

В случае сварки изделий с большой толщиной прихватки должны рассчитываться исходя из прочности от действия собственного веса деталей и/или от нагрузок, возникающих в процессе транспортировки собранных деталей из сборочного цеха (участка) к месту сварки.

В зависимости от протяженности сварного шва прихватки могут иметь различную длину. Также изменяется их количество. Например, при наружном диаметре детали до 25,0 мм назначается 1 - 2 прихватки протяженностью до 10,0 - 15,0 мм. При $D = 25,0 - 150,0$ мм - 2 - 3 прихватки (равномерно по периметру)

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	49
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Сварку продольных и кольцевых стыков корпуса аппарата будем производить автоматической сваркой под флюсом на специальном стенде. Общий вид этой установки показан на рисунке 12.



Формула связывающие линейное и вращающие движение

$$V_{св} = \omega \cdot R \quad (7.1)$$

где, ω -угловая скорость, R - радиус обечайки

Тогда скорость вращения обечайки на роликовом стенде будет выглядеть так

$$\omega = \frac{V_{св}}{R} \quad (7.2)$$

$$\omega = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ об/мин}$$

Опишем технологию сборки и сварки ёмкости.

1 Сборка и сварка продольных швов на каждой из трех составных частей цилиндрической обечайки по ГОСТ 8713-79.

Сварку продольных и кольцевых швов корпуса абсорбера будем производить автоматической сваркой под флюсом на установке, состоящей из роликового стенда М61071 и велосипедной тележки ВТ-3.

Сначала выполняется сварной шов №1 (стыковой шов обечайки).

Установку обечайки осуществляем на роликовых опорах с пневмоприводом. Установим требуемый зазор в стыке при помощи винтовых стяжек. Стяжки разместим по обеим сторонам обечайки и по центру с шагом 400 мм, зазор в стыке $b=2+1$ мм. Величину зазора в стыке будем контролировать с помощью специальных щупов или калиброванной закаленной стальной проволоки.

Выставим минимальное превышение кромок в стыке Δ , не более допустимого, при помощи полуструбцин, расположенных в местах, где превышение кромок максимально. Максимально допустимое превышение кромок Δ составляет 2,4 мм. Прихватку полуструбцин произведем на принятом режиме сварки.

После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм металлической щёткой и защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Сварку выполняем в нижнем пространственном положении (Н1).

Сварку выполняем с двух сторон.

Перед началом сварки необходимо удалить конец окисленной сварочной проволоки и установить флюсоудерживающее устройство. Для этого нужно перевернуть обечайку будущим сварным швом вниз и установить сварочный трактор внутри обечайки. Способ сварки - на флюсовой подушке.

Род сварочного тока, полярность - постоянный ток обратной полярности.

После выполнения шва выполняется его зачистка от шлака и брызг металла до чистого металла.

2 Сборка и сварка кольцевых швов каждой из трех составных частей цилиндрической обечайки по ГОСТ 8713-79.

3 Сварка заготовок для изготовления днища и последующая штамповка

4 Вырезка отверстия под люк и штуцера

С помощью плазмореza предварительно разметив вырезаем отверстия под люк и штуцера. После вырезки отверстия производим обработку кромок отверстия с помощью кромкофрезерной машинки ЕКF 300/450.

5 Сборка и сварка днища по ГОСТ 8713-79.

6 Сборка и выполнение кольцевого шва второго днища с обечайкой по ГОСТ 8713-79.

Рассмотрим наиболее сложный случай - приварку второго днища.

Установку обечайки осуществляем на роликовых опорах с пневмоприводом. Сборку цилиндрической части корпуса с первым днищем будем производить в горизонтальном положении на специальной установке. Установим днище на ложемент и зафиксируем его при помощи пневмоцилиндров, которые захватывают и удерживают его. При сборке эллиптических днищ с корпусом согласно ГОСТ 34347-2017, сварные швы днищ не должны совпадать с продольными швами корпуса и отстоять друг от друга на величину не менее трех толщин корпуса или днища, но не менее 100 мм.

Установим на торцевой поверхности днища щупы равные величине зазора в стыке. Гидроподъемником поднимем ложемент и состыкуем днище с корпусом.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	52
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Оставшиеся 12 пневмоцилиндров одновременно обеспечивают центрацию днища относительно оси корпуса.

После этого необходимо зачистить кромки на расстояние 100 мм металлической щёткой и защитить околошовную зону от брызг меловой обмазкой. Фиксацию деталей выполняем с использованием прихваток. Количество прихваток - 16 - 17, равномерно по длине. Протяженность каждой прихватки 60,0 - 80,0 мм. Высота прихваток - 10 - 12 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от шлака и брызг металла.

Сварку выполняем в нижнем пространственном положении (Н1). Сварку выполняем с двух сторон.

Перед началом сварки необходимо удалить конец окисленной сварочной проволоки и установить флюсоудерживающее устройство. Для этого нужно перевернуть обечайку отверстием для люка вниз и установить сварочный трактор внутри обечайки. Сварочный кабель при вращении обечайки в таком случае не будет ни на что наматываться, а по окончании сварки просто окажется с другой стороны роликовых опор. Способ сварки - на флюсовой подушке.

Род сварочного тока, полярность - постоянный ток обратной полярности.

В ходе расчета режима автоматической сварки под слоем флюса соединения С29 были рассчитаны следующие показатели: – диаметр электродной проволоки, величина сварочного тока, плотность тока в электродной проволоке, напряжение на дуге, скорость сварки, род тока, полярность тока.

После выполнения шва выполняется его зачистка от шлака и брызг металла до чистого металла.

7 Сборка и сварка люка и штуцеров с обечайкой по ГОСТ 14771-76

Привариваем люк-лаз и штуцера к обечайкам (угловые швы) в соответствии с ГОСТ 14771-76. Очищаем от грязи кромки обечайки отверстий под люк и штуцера, обезжириваем. Транспортируем люк мостовым краном к подготовленному отверстию. Стыкуем кромки с помощью специальной распорки.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	53
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Прихватываем с помощью механизированной сварки в среде CO₂. Зачищаем прихватку заподлицо с основным металлом. Выполняем сварку люка и обечайки согласно рассчитанным режимам. Транспортируем штуцера к отверстиям. Стыкуем кромки с помощью специальной распорки. Прихватываем с помощью механизированной сварки в среде CO₂. Зачищаем прихватку заподлицо с основным металлом.

Устанавливаем фланец сверху на обечайку люка. Производим фиксацию деталей с использованием прихваток. Количество прихваток – 4, диаметрально противоположные. Протяженность каждой прихватки 20,0 - 35,0 мм. После выполнения прихваток они зачищаются от брызг металла. Требования к качеству прихваток предъявляются такие же, как и при сварке. Сварку выполняем в нижнем пространственном положении. Сварку выполняем в один проход. Род сварочного тока, полярность - постоянный ток обратной полярности.

8 Сборка и сварка опоры с обечайкой по ГОСТ 8713-79.

9 Сборка и сварка днища с патрубком по ГОСТ 14771-76

10 Сборка и сварка кольца с днищем и патрубком по ГОСТ 14771-76

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	54
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

8 Расчет параметров режимов сварки

Качество сварных соединений во много определяется правильно разработанной технологией сварки. Важнейшим элементом технологического процесса сварки является ее режим.

Режимы сварки зависят от многих факторов:

- толщины;
- теплофизических свойств свариваемого металла;
- формы швов;
- требований к качеству сварного соединения;
- пространственного положения сварки.

К основным параметрам режима сварки относятся:

- диаметр электродной проволоки $d_{эл}$, мм;
- величина сварочного тока $I_{св}$, А;
- плотность тока в электродной проволоке J , А/мм²;
- напряжение на дуге U_d , В;
- скорость сварки $V_{св}$, м/ч;
- род тока (переменный или постоянный);
- полярность тока (прямая или обратная).

Рассчитаем режимы сварки для сварного соединения № 1.

Исходные данные:

- толщина свариваемых деталей 6 мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 09Г2С;
- длина сварного соединения 5064 мм;
- марка сварочной проволоки и флюса – Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70, АН-42 по ГОСТ 9087-81
- род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности;
- тип соединения С29 по ГОСТ 8713–79.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	55
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения С29 по ГОСТ 8713–79, представлены на рисунке 13.

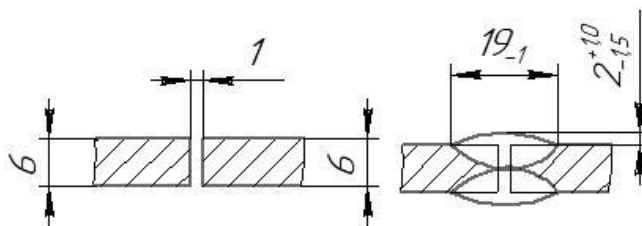


Рисунок 13 - Эскиз стыкового соединения С29

Рассчитываем глубину проплавления по формуле [11]:

$$h = \frac{S}{2} + (2...3) \quad (8.1)$$

где, S- толщина обечайки

$$h = \frac{6}{2} + (2...3) = 6 \text{ мм}$$

Определяем величину сварочного тока $I_{св}$ по эмпирической формуле [11]:

$$I_{св} = (80...100) \cdot h \quad (8.2)$$

$$I_{св} = (80...100) \cdot 6 = 480...600 \text{ А}$$

Принимаем $I_{св} = 500 \text{ А}$

Определяем диаметр электродной проволоки по формуле [11]:

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{j}} \quad (8.3)$$

где $d_{эл}$ – диаметр сварочной проволоки, мм;

J – допускаемая плотность тока, $\text{А} / \text{мм}^2$

Допускаемая плотность тока определяется по таблице 12.

Таблица 12 – Допустимая плотность тока для электродов

$d_{эл}$, мм	1	2	3	4	5	6
$J, \text{А} / \text{мм}^2$	90...400	65...200	45...90	35...60	30...50	25...45

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{500}{65}} = 3,13 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{эл} = 3 \text{ мм}$

Для проволоки $d_{эл} = 3 \text{ мм}$ скорость сварки $V_{св}$ определяем по формуле [11]:

$$V_{св} = \frac{(8...12) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (8.4)$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.4

$$V_{св} = \frac{(8...12) \cdot 10^3}{500} = (16...24) \text{ м / ч}$$

Принимаем $V_{св} = 24 \text{ м / ч} = 0,82 \text{ см / с}$

Определяем оптимальное напряжение дуги может по формуле [11]:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (8.5)$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.5

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3^{0,5}} \cdot 500 \pm 1 = 34...35 \text{ В}$$

Принимаем $U_{д} = 35 \text{ В}$

Определяем коэффициент провара по формуле [11]:

$$\psi_{пр} = K^I \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_{д}}{I_{св}} \quad (8.6)$$

Коэффициент формы провара K^I определяется исходя из условий:

- род тока постоянный
- полярность тока обратная
- плотность тока $j < 120 \text{ А / мм}^2$

Таблица 13 – Значение коэффициента K^I

Род тока	Полярность	Полярность j, А/мм ²	Величина коэффициента K^I
Переменный	-	меньше 120	1
		больше или равна 120	
Постоянный	Обратная	меньше 120	$0,367 \cdot j^{0,1925}$
	Прямая		$2,82 \cdot j^{0,1925}$
	Обратная	больше или равна 120	0,92
	Прямая		1,12

Тогда

$$K^I = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot \left(\frac{I_{св} \cdot 4}{\pi \cdot d_{эл}^2} \right)^{0,1925} \quad (8.7)$$

$$K^I = 0,367 \cdot \left(\frac{500 \cdot 4}{\pi \cdot 3^2} \right)^{0,1925} = 0,853.$$

$$\psi_{np} = 0,853 \cdot (19 - 0,01 \cdot 500) \cdot \frac{3 \cdot 35}{500} = 2,7$$

Для автоматической сварки под слоем флюса коэффициент формы провара должен находиться в пределах от 0,8 до 4,0. Принимаем $\psi_{пр} = 2,7$

Определяем величину погонной энергии по формуле [11]:

$$q_{II} = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_{д}}{V_{св}} \quad (8.8)$$

где $\eta_{д}$ – эффективный КПД дуги, для сварки под флюсом.

Принимаем $\eta_{д} = 0,9$

$$q_{II} = \frac{500 \cdot 35 \cdot 0,9}{0,82} = 19207 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления по формуле [11]:

$$h_{\phi} = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{II}}{\psi_{np}}} \quad (8.9)$$

Подставляем исходные значения в формулу 8.9

$$h_{\phi} = 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{19207}{3,7}} = 0,55 \text{ см} = 5,5 \text{ мм}$$

Ширину шва определяем по формуле [13]:

$$e = \psi_{np} \cdot h_{\phi} \quad (8.10)$$

где e – фактическая ширина шва, мм.

$$e = 2,7 \cdot 5,5 = 14,7 \text{ мм}$$

Полученное значение соответствует требованиям ГОСТ 8713–79.

Определим фактическую высоту валика c_3 по формуле [11]:

$$c_3 = \frac{F_H - H \cdot b_3}{0,73 \cdot e - b_3} \quad (8.11)$$

где c_3 – фактическая высота валика, мм;

F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, мм^2 ;

b_3 – зазор между соединяемыми деталями, мм;

H – общая высота шва, мм.

Общая высота шва определяется по формуле [11]:

$$F_H = \frac{\alpha \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{св}} \quad (8.12)$$

где α_H – коэффициент наплавки, г/А·ч;

γ – плотность сварочной проволоки, г/см³.

Коэффициент наплавки определяется по формуле [11]:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{100}\right) \quad (8.13)$$

где, α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

φ – потери электродного металла в следствии окисления, испарения и разбрызгивания.

Коэффициент расплавления электродной проволоки определяется по формуле:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эл}}\right) \cdot 10^{-4} \quad (8.14)$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.14

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{500}{3}\right) \cdot 10^{-4} = 0,0045 \text{ г} / \text{Ас} = 17 \text{ г} / \text{Ач}$$

Подставляем полученные значения в формулы 8.13.

$$\alpha_H = 17 \cdot \left(1 - \frac{2,7}{100}\right) = 16,5 \text{ г} / \text{А} \cdot \text{ч}$$

$$F_H = \frac{16,5 \cdot 500}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,82} = 16 \text{ мм}^2$$

Высота валика между деталями определяется по формуле [11]:

$$c_B = \frac{F_H}{0,73 \cdot e}$$

$$c_B = \frac{16}{0,73 \cdot 14,7} = 1,12 \text{ мм}$$

Общая высота шва определяется по формуле:

$$H = h_{\phi} + c_B \quad (8.15)$$

$$H = 5,5 + 1,12 = 6,62 \text{ мм}$$

$$c_3 = \frac{16 - 6,62 \cdot 1}{0,73 \cdot 14,7 - 1} = 1,5 \text{ мм}$$

Определим коэффициент формы валика по формуле [11]:

$$\psi_B = \frac{e}{c_{\theta}}, \quad (8.16)$$

где ψ_B – коэффициент формы валика.

$$\psi_B = \frac{14,7}{1,5} = 9,8$$

Коэффициент формы валик не должен выходить из диапазона

$\psi_B = 7,0 \dots 10,0$. Принимаем $\psi_B = 10$.

Определим скорость подачи электродной проволоки формуле [11]:

$$V_{п.пр} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} \quad (8.17)$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.17

$$V_{п.пр} = \frac{4 \cdot 16,5 \cdot 500}{\pi \cdot 3^2 \cdot 7,8} = 170,1 \text{ м / ч}$$

Рассчитанные режимы автоматической сварки под слоем флюса применяем для выполнения второй стороны шва, так как при фактической толщине проплавления $h_{\phi} = 5,5$ мм на данных режимах обеспечивается условие сплошности сварного соединения.

Определим время горения дуги по формуле:

$$T_{осн} = \frac{T_1 + T_2}{60}, \quad (8.18)$$

где $T_{осн}$ – время горения дуги, мин;

T_1 и T_2 – время сварки на одну и на вторую сторону, с.

Время сварки определяется по формуле [13]:

$$T_1 = \frac{3600 \cdot F_H \cdot l \cdot \gamma}{\alpha_H \cdot I_{св}} \quad (8.19)$$

где l – длина сварного соединения, см.

$$T_1 = \frac{3600 \cdot 0,16 \cdot 638 \cdot 7,85}{16 \cdot 500} = 360 \text{ с}$$

Так как сварка проводится на одинаковых режимах с двух сторон, то принимаем $T_1 = T_2$.

$$T_{\text{осн}} = \frac{360 + 360}{60} = 12 \text{ мин}$$

Расчет потребного количества сварочной проволоки:

$$\omega_{\text{СП}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot \omega_{\text{Н.М}}, \quad (8.20)$$

где $\omega_{\text{СП}}$ – вес сварочной проволоки, г;

$\omega_{\text{Н.М.}}$ – вес наплавленного металла, г.

Вес наплавленного металла определяется по формуле [11]:

$$\omega_{\text{Н.М}} = F_H \cdot l \cdot \gamma, \quad (8.21)$$

$$\omega_{\text{Н.М}} = 0,16 \cdot 630 \cdot 7,85 = 791 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{СП}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot 791 = 1345 \dots 1503 \text{ г}$$

Следовательно, на два прохода потребуется от 2690 до 3006 г сварочной проволоки. Режимы сварки для швов №2, №3 принимаем такие же, как и для соединения № 1, так как данные соединения являются однотипными.

Расчет режимов для сварки шва №4. Угловое соединение У6 ГОСТ 14771-76 [16] изображено на рисунке 14.

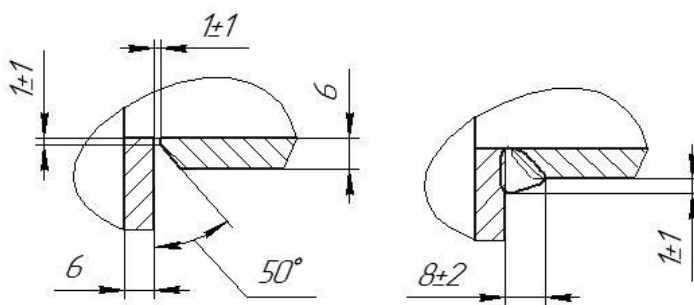


Рисунок 14 –сварного соединения типа У6 ГОСТ 14771-76.

Полуавтоматическая сварка в углекислом газе проволокой сплошного сечения по ГОСТ14771-76.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	61
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Зависимость величины диаметра электродной проволоки от толщины свариваемых изделий определяем по таблице 14.

Таблица 14 – Зависимость величины диаметра электродной проволоки от толщины свариваемых изделий.

Параметр	Значение			
Толщина деталей S, мм	1,0...2,0	3,0...6,0	6,0...10,0	10,0...24,0
Диаметр сварочной проволоки d _{эл}	0,8...1,0	1,2...1,6	1,6...2,0	2,0 и более

На основании таблицы 9 принимаем диаметр электродной проволоки равным 1,6 мм.

Расчет величины сварочного тока. Величина сварочного тока определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 15

Таблица 15 – Допускаемая величина сварочного тока в зависимости от диаметра электродной проволоки

Параметр	Значение				
Диаметр сварочной проволоки d _{эл} , мм	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
Величину сварного тока I _{св} , А	100...240	150...400	200...500	300...7000	400...850
Расстояние от изделия, мм	8...18	15...25	15...25	20...40	20...40

Сварка в углекислом газе выполняется легированной проволокой сплошного сечения (чаще всего кремнемарганцовистой: Св-08ГС, Св-10Г2С и др.).

Исходя из конструктивных особенностей данного сварного соединения, сварку необходимо выполнять в один проход. Принимаем следующие исходные данные согласно таблицам 12 и 13.

– прохода $d_{эл} = 1,6$ мм, величина сварочного тока $I_{св} = 200$ А;

Рассчитаем скорость сварки однопроводного шва по формуле

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (8.22)$$

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{200} = 10...25 \text{ м/ч}$$

$$V_{св} = 16 \text{ м/ч} = 0,44 \text{ см/с}$$

Определяем оптимальное напряжение дуги может по формуле:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (8.23)$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.23

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 200 \pm 1 = 28 \pm 1 \text{ В}$$

Принимаем $U_{д} = 28 \text{ В}$

Определяем коэффициент провара по формуле:

$$\psi_{np} = K^I \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_{д}}{I_{св}} \quad (8.24)$$

$$\psi_{np} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,6 \cdot 28}{200} = 3,5$$

Для механизированной сварки коэффициент формы провара входит в интервал от 0,8 до 4, следовательно условие выполняется.

Определяем величину погонной энергии по формуле [11]:

$$q_{II} = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_{д}}{V_{св}} \quad (8.25)$$

где $\eta_{д}$ – эффективный КПД дуги, для сварки под флюсом.

Принимаем $\eta_{д} = 0,9$

Подставляем известные значения в формулу:

$$q_{II} = \frac{200 \cdot 28 \cdot 0,8}{0,44} = 10182 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления по формуле [11]:

$$h_{\phi} = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{II}}{\psi_{np}}} \quad (8.26)$$

Определим фактическую глубину проплавления по формуле:

$$h_{\phi} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{10182}{3,5}} = 0,44 \text{ см} = 4,4 \text{ мм}$$

Ширину шва определяем по формуле [13]:

$$e = \psi_{np} \cdot h_{\phi} \quad (8.27)$$

где e – фактическая ширина шва, мм.

$$e = 3,5 \cdot 4,4 = 15,4 \text{ мм}$$

Коэффициент наплавки определяется по формуле [11]:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{100}\right) \quad (8.28)$$

где, α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

φ – потери электродного металла в следствии окисления, испарения и разбрызгивания.

Коэффициент расплавления электродной проволоки определяется по формуле:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эл}}\right) \cdot 10^{-4} \quad (8.29)$$

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{200}{3}\right) \cdot 10^{-4} = 35,8 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с};$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.29

$$\alpha_H = 35,8 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 12 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Площадь наплавки определяется по формуле [11]:

$$F_H = \frac{K^2}{2} \quad (8.30)$$

где K – катет шва, мм.

$$F_H = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2$$

Определим высоту валика по формуле [11]:

$$c_B = \frac{F_H}{0,73 \cdot e} \quad (8.31)$$

$$c_B = \frac{32}{0,73 \cdot 15,4} = 4,35 \text{ мм}$$

Общая высота шва определяется по формуле:

$$H = h_{\phi} + c_B \quad (8.32)$$

$$H = 4,4 + 4,35 = 8,75 \text{ мм}$$

Определим высоту заполнения по формуле [11]:

$$q = \sqrt{F_H} \quad (8.33)$$

где q – высота заполнения, мм.

$$q = \sqrt{49} = 7 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления полки углового соединения по формуле:

$$h_0 = H - q \quad (8.34)$$

$$h_0 = 8,75 - 7 = 1,75 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления вертикальной стенки углового соединения по формуле [11]:

$$h_{01} = (0,8 \dots 1,0) \cdot h_0 \quad (8.35)$$

где h_{01} – глубина проплавления вертикальной стенки углового соединения

$$h_{01} = (0,8 \dots 1,0) \cdot 1,75 = 0,9 \dots 1,75 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле:

$$V_{\text{п.п.р}} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2 \cdot \gamma} \quad (8.36)$$

$$V_{\text{п.п.р}} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 200}{\pi \cdot 1,6^2 \cdot 7,85} = 92 \text{ м / ч}$$

Проверим правильность выбора режима сварки через оптимальную величину коэффициента формы провара по формуле [11]:

$$\psi_{\text{опр}} = \frac{b}{H} \quad (8.37)$$

При этом должно выполняться условие $\psi_{\text{опр}} \leq 2,0$ [11]. Ширина шва определяется по формуле [11]:

$$b = \sqrt{2 \cdot K^2} \quad (8.38)$$

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	65
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

$$b = \sqrt{2 \cdot 8^2} = 11,3 \text{ мм}$$

Определяем правильность выбора режима сварки по формуле 8.38.

$$\psi_{\text{нр}} = \frac{11,3}{13,15} = 0,86$$

Так как фактический коэффициент формы провара равный 0,86 соответствует условию удовлетворительного формирования шва, т.е. не превышает 2,0, то отсюда следует, что режим сварки выбран правильно.

Согласно рекомендациям, представленным в таблице 17 для проволоки диаметром $d_{\text{эл.}} = 1,6$ мм, расстояние от сопла горелки, до изделия составляет от 15 до 25 мм.

Время сварки определяется по формуле:

$$T = \frac{3600 \cdot F_H \cdot l \cdot \gamma}{\alpha_H \cdot I_{\text{св}}} \quad (8.39)$$

Время сварки определяется по формуле определяем по формуле:

$$T = \frac{3600 \cdot 0,32 \cdot 32,9 \cdot 7,85}{12 \cdot 200} = 62 \text{ с}$$

Расчет потребного количества сварочной проволоки производится по формуле:

$$\omega_{\text{СП}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot \omega_{\text{Н.М}} \quad (8.40)$$

где $\omega_{\text{СП}}$ – вес сварочной проволоки, г;

$\omega_{\text{Н.М.}}$ – вес наплавленного металла, г.

Вес наплавленного металла определяется по формуле [11]:

$$\omega_{\text{Н.М}} = F_H \cdot l \cdot \gamma \quad (8.41)$$

$$\omega_{\text{Н.М}} = 0,32 \cdot 329 \cdot 7,85 = 826 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{СП}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot 826 = 1405 \dots 1569 \text{ г}$$

Рассчитаем режимы сварки для шва №5 выполненного по ГОСТ 14771-76. Формы и размеры подготовки кромок нахлесточное соединения представлены на рисунке 15.

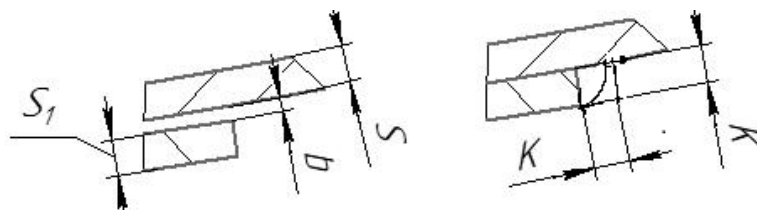


Рисунок 15 – Сварного соединения днища с кольцом типа Н1 ГОСТ 14771-76

Кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: толщина $S = 6$ мм; $S_1 = 6$ мм; $k=6$ мм; $b=0$ мм

Полуавтоматическая сварка в углекислом газе проволокой сплошного сечения по ГОСТ14771-76.

Зависимость величины диаметра электродной проволоки от толщины свариваемых изделий определяем по таблице 16

Таблица 16 – Зависимость величины диаметра электродной проволоки от толщины свариваемых изделий.

Параметр	Значение			
Толщина деталей S , мм	1,0...2,0	3,0...6,0	6,0...10,0	10,0...24,0
Диаметр сварочной проволоки $d_{эл}$	0,8...1,0	1,2...1,6	1,6...2,0	2,0 и более

На основании таблицы 16 принимаем диаметр электродной проволоки равным 1,6 мм.

Расчет величины сварочного тока. Величина сварочного тока определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 17.

Таблица 17 – Допускаемая величина сварочного тока в зависимости от диаметра электродной проволоки

Параметр	Значение				
Диаметр сварочной проволоки $d_{эл}$, мм	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
Величину сварного тока $I_{св}$, А	100...240	150...400	200...500	300...7000	400...850
Расстояние от изделия, мм	8...18	15...25	15...25	20...40	20...40

Исходя из конструктивных особенностей данного сварного соединения, сварку необходимо выполнять в один проход. Принимаем следующие исходные данные согласно таблицам 14 и 15:

– прохода $d_{эл} = 1,6$ мм, величина сварочного тока $I_{св} = 200$ А;

Рассчитаем скорость сварки однопроводного шва по формуле

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (8.42)$$

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{200} = 10...25 \text{ м/ч}$$

$$V_{св} = 16 \text{ м/ч} = 0,44 \text{ см/с}$$

Определяем оптимальное напряжение дуги может по формуле:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (8.43)$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.43

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 200 \pm 1 = 28 \pm 1 \text{ В}$$

Принимаем $U_{д} = 28 \text{ В}$

Определяем коэффициент провара по формуле:

$$\psi_{пр} = K^I \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_{д}}{I_{св}} \quad (8.44)$$

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,6 \cdot 28}{200} = 3,5$$

Для механизированной сварки коэффициент формы провара входит в интервал от 0,8 до 4, следовательно условие выполняется.

Определяем величину погонной энергии по формуле [11]:

$$q_{п} = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_{д}}{V_{св}} \quad (8.45)$$

где $\eta_{д}$ – эффективный КПД дуги, для сварки под флюсом.

Принимаем $\eta_{д} = 0,9$

Подставляем известные значения в формулу:

$$q_{II} = \frac{200 \cdot 28 \cdot 0,8}{0,44} = 10182 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления по формуле [11]:

$$h_{\phi} = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{II}}{\psi_{np}}} \quad (8.46)$$

Определим фактическую глубину проплавления по формуле:

$$h_{\phi} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{10182}{3,5}} = 0,44 \text{ см} = 4,4 \text{ мм}$$

Ширину шва определяем по формуле [13]:

$$e = \psi_{np} \cdot h_{\phi} \quad (8.47)$$

где e – фактическая ширина шва, мм.

$$e = 3,5 \cdot 4,4 = 15,4 \text{ мм}$$

Коэффициент наплавки определяется по формуле [11]:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\psi}{100}\right) \quad (8.48)$$

где, α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

ψ – потери электродного металла в следствии окисления, испарения и разбрызгивания.

Коэффициент расплавления электродной проволоки:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эл}}\right) \cdot 10^{-4} \quad (8.49)$$

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{200}{3}\right) \cdot 10^{-4} = 35,8 \cdot 10^{-4} \text{ г/А} \cdot \text{с};$$

Подставляем полученные значения в формулу 8.49

$$\alpha_H = 35,8 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 12 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Площадь наплавки определяется по формуле [11]:

$$F_H = \frac{K^2}{2} \quad (8.50)$$

где K – катет шва, мм.

$$F_H = \frac{8^2}{2} = 32 \text{ мм}^2$$

Определим высоту валика по формуле [11]:

$$c_B = \frac{F_H}{0,73 \cdot e} \quad (8.51)$$

$$c_B = \frac{32}{0,73 \cdot 15,4} = 4,35 \text{ мм}$$

Общая высота шва определяется по формуле:

$$H = h_\phi + c_B \quad (8.52)$$

$$H = 4,4 + 4,35 = 8,75 \text{ мм}$$

Определим высоту заполнения по формуле [11]:

$$q = \sqrt{F_H} \quad (8.53)$$

где q – высота заполнения, мм.

$$q = \sqrt{49} = 7 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления нахлесточного соединения по формуле:

$$h_0 = H - q \quad (8.54)$$

$$h_0 = 8,75 - 7 = 1,75 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления вертикальной стенки нахлесточного соединения по формуле [11]:

$$h_{01} = (0,8...1,0) \cdot h_0 \quad (8.55)$$

где h_{01} – глубина проплавления вертикальной стенки нахлесточного соединения, мм.

$$h_{01} = (0,8...1,0) \cdot 1,75 = 0,9...1,75 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле:

$$V_{п.пр} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} \quad (8.56)$$

$$V_{п.пв} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 200}{\pi \cdot 1,6^2 \cdot 7,85} = 87 \text{ м / ч}$$

Проверим правильность выбора режима сварки через оптимальную величину коэффициента формы провара по формуле [11]:

$$\psi_{опр} = \frac{b}{H} \quad (8.57)$$

При этом должно выполняться условие $\psi_{опр} \leq 2,0$ [11]. Ширина шва определяется по формуле [11]:

$$b = \sqrt{2 \cdot K^2} \quad (8.58)$$

$$b = \sqrt{2 \cdot 8^2} = 11,3 \text{ мм}$$

Определяем правильность выбора режима сварки по формуле 8.57.

$$\psi_{опр} = \frac{11,3}{13,15} = 0,86$$

Так как фактический коэффициент формы провара равный 0,86 соответствует условию удовлетворительного формирования шва, т.е. не превышает 2,0, то отсюда следует, что режим сварки выбран правильно.

Согласно рекомендациям, представленным в таблице 17 для проволоки диаметром $d_{эл.} = 1,6$ мм, расстояние от сопла горелки, до изделия составляет от 15 до 25 мм.

Время сварки определяется по формуле:

$$T = \frac{3600 \cdot F_H \cdot l \cdot \gamma}{\alpha_H \cdot I_{св}} \quad (8.59)$$

Время сварки определяется по формуле определяем по формуле:

$$T = \frac{3600 \cdot 0,32 \cdot 21,19 \cdot 7,85}{12 \cdot 200} = 45 \text{ с}$$

Расчет потребного количества сварочной проволоки производится по формуле:

$$\omega_{сп} = (1,7 \dots 1,9) \cdot \omega_{н.м} \quad (8.60)$$

где $\omega_{сп}$ – вес сварочной проволоки, г;

$\omega_{н.м.}$ – вес наплавленного металла, г.

Вес наплавленного металла определяется по формуле [11]:

$$\omega_{H.M} = F_H \cdot l \cdot \gamma \quad (8.61)$$

$$\omega_{H.M} = 0,32 \cdot 21,19 \cdot 7,85 = 551 \text{ г}$$

$$\omega_{CII} = (1,7 \dots 1,9) \cdot 551 = 937 \dots 1047 \text{ г}$$

9 Выбор сварочного оборудования и технологической оснастки

Сварка должна быть выполнена на аттестованном сварочном оборудовании в соответствии с РД 03–615–03 [20].

Сварочное оборудование должно иметь инструкцию по эксплуатации, а также паспорт завода-изготовителя, быть в исправном состоянии и соответствовать характеристикам заявленным в паспорте.

Оборудование необходимое для изготовления конструкции выбирается по следующим критериям:

а) способность оборудования выполнять те или иные действия направленные на изменение формы и пространственного положения заготовки или изделия;

б) сварочное оборудование должно обеспечивать режимы сварки которые были заложены в технологию;

в) удовлетворять программе выпуска изделия, в плане производительности;

г) по возможности иметь наименьшую энергоемкость, быть экономически оправданным в условиях данного типа производства и специфики самой конструкции и т.д

Сварка должна быть выполнена на аттестованном сварочном оборудовании в соответствии с РД 03-614-03 [20]. Сварочное оборудование должно иметь инструкцию по эксплуатации, а также паспорт завода-изготовителя, быть в исправном состоянии и соответствовать характеристикам заявленным в паспорте. Для изготовления ёмкости, в соответствии с ГОСТ 34347-2017, для соединения обечайки с днищами ранее была выбрана автоматическая дуговая сварка под флюсом, для приварки штуцеров дуговая сварка в защитном газе. Для автоматической сварки под слоем флюса выбираем сварочный автомат АДФ-1002 представленный на рисунке 16.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	73
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		



Рисунок 16– Сварочный автомат АДФ–1002

Сварочный автомат АДФ–1002 предназначен для сварки под слоем флюса соединений встык с разделкой и без разделки кромок, для сварки угловых швов вертикальным и наклонным электродом, а также нахлесточных швов. Швы могут быть прямолинейными и кольцевыми. Автомат в процессе работы передвигается по изделию или по уложенной на нем направляющей линейке. Технические характеристики сварочного автомата указаны в таблице 18.

Таблица 18 – Техническая характеристика трактора АДФ–1002

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питающей трех фазной сети, В	380,0
Номинальный сварочный ток, А	1000,0
Диаметр электродной проволоки, мм	3,0-5,0
Скорость подачи электродной проволоки, м/час	60,0-360,0
Скорость сварки, м/час	12,0-80,0
Предельный угол наклона сварочной головки в плоскости перпендикулярной шву	45
Емкость барабана для проволоки, кг	15,0
Емкость бункера дц в кв	6,5
Габаритный размеры, мм	715x345x440

Сварочный автомат АДФ–1002 поставляется с блоком управления для источника питания типа ВДУ–1250 представленном на рисунке 17.



Рисунок 17 – Сварочный выпрямитель ВДУ–1250

Сварочный выпрямитель ВДУ–1250 предназначен для комплектации автоматов для сварки и наплавки под слоем флюса и в среде защитного газа, его технические характеристики указаны в таблице 19.

Таблица 19– Техническая характеристика ВДУ–1250

Наименование параметра	Значение параметра
U питающей сети, В	3x380,0
Номинальный сварочный ток, А	1250,0
Пределы регулирования сварочного тока, А	150,0-1250,0
Номинальное рабочее напряжение, В	44,0
Напряжение холостого хода, В	55,0
Потребляемая мощность, кВт	73,0
Габаритные размеры, мм	790x610x410
Масса, кг	520

Для механизированной сварки в среде CO₂ принимаем сварочный полуавтомат Сварог MIG 3500 (J93) представленный на рисунке 18.



Рисунок 18 – Сварочный полуавтомат Сварог *MIG 3500(J93)*

Сварог *MIG 3500 (J93)* предназначена для механизированной сварки в среде защитного газа (MIG/MAG). Режим обратной полярности позволяет также осуществлять сварку порошковой проволокой (FCAW) без защитного газа, модель дополнена функцией TIG сварки. Для удобства использования аппараты оснащены тележкой с поворотными колесами, на которую также устанавливается баллон с газом. Технические характеристики представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические характеристики сварочного полуавтомата Сварог *MIG 3500(J93)*

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение питающей сети, В	380±15%
Рабочее напряжение MIG, В	16,5...31,5
Рабочее напряжение MMA, В	20,8...34,0
Сварочный ток MIG/ MMA, А	50,0...350,0
Подающий механизм	Встроенный
Диаметр электрода MMA, мм	1,5...6
Диаметр сварочной проволоки MIG, мм	0,6; 0,8; 1; 1,2;
Габаритный размеры, мм	900x400x670

Отличительными особенностями данного полуавтомата являются: холостой прогон проволоки; розетка 36 В для подогрева газа и регулировка индуктивности

Для вырезания отверстия под штуцера и люк используется плазморез *Cebora Power Plasma 3035/M* представленная на рисунке 19

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	76
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		



Рисунок 19 – Плазморез *Cebora Power Plasma 3035/M*

Таблица 21 – Технические характеристики плазмореза *Cebora Power Plasma 3035/M*

Наименование параметра	Значение параметра
Толщина обрабатываемого листа, мм	8-15
Диапазон регулировки тока, А	5-30
Питание, В	220
Масса, кг	13

Для нарезания кромок используется кромкофрезерная машинка *EKF 300/450* представленная на рисунке 20.



Рисунок 20 – Кромкофрезерной машинка *EKF 300/450*.

Агрегат для снятия фаски *EKF 300/450* предназначен для снятия прямых и криволинейных фасок с внутренних и наружных, прямых и радиусных кромок под углом 30 или 45 градусов

Таблица 22 – Технические характеристики кромкофрезерной машинка *EKF 300/450*.

Наименование параметра	Значение параметра
Толщина обрабатываемого листа, мм	не более 100
Глубина фаски, мм	0...8,0
Угол фаски, град	30/45
Электропривод, Вт	15000,0
Частота вращения фрезы, об/мин	6000,0
Габаритные размеры, мм	330,0×138,0×295,0
Масса, кг	4,6

Обработанная фаскоснимателем кромка получается ровной и гладкой, не требует дополнительной обработки.

Сварку продольных и кольцевых швов корпуса абсорбера будем производить автоматической сваркой под флюсом на установке, состоящей из роликового стенда М61071 и велосипедной тележки ВТ-3. (рисунок 20).

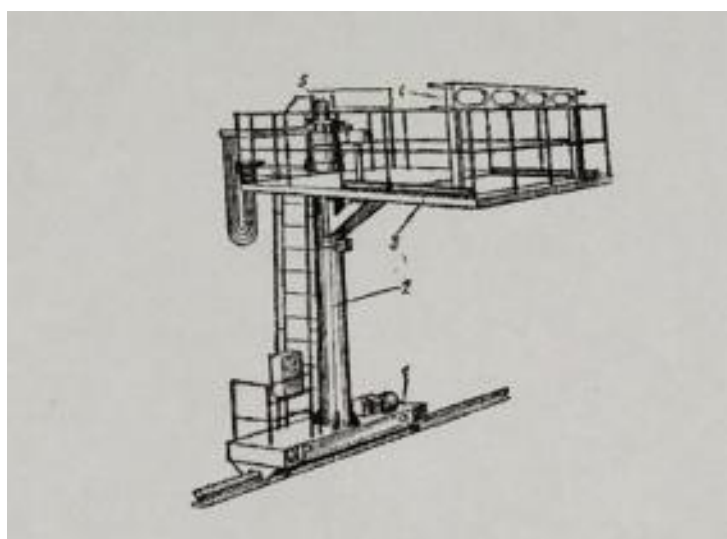


Рисунок 21 - Велосипедная тележка с балконом

1 - самоходная платформа; 2 - стойка; 3 - балкон; 4 - направляющая для сварочного аппарата; 5 - верхний ролик.

В данной работе предлагается использовать для сборки и сварки продольных и кольцевых швов обечайки и сварки обечайки кольцевыми швами с днищами роликовый стенд М61071 и велосипедную тележку ВТ-3

Роликовый стенд предназначен для вращения длинных цилиндрических изделий при автоматической сварке продольных и кольцевых швов.

Роликовый стенд предназначен для вращения цилиндрических изделий с маршевой скоростью с целью их установки в удобное положение для сборки и сварки продольных швов, а также со сварочной скоростью при различных видах сварки кольцевых швов.

Вращатель состоит из одной приводной и одной не приводной секций, устанавливаемых на фундамент.

Приводная секция представляет собой раму, на которой установлены две приводные роlikоопоры, каждая из которых имеет свой привод вращения. Управление приводами осуществляется от общего шкафа управления, закрепленного на раме.

Таблица 23 – Техническая характеристика роликового вращателя М61071

Наименование параметра	Значение
Крутящий момент на оси вращения приводных роликов, Нм, не менее	2000
Наибольшая грузоподъемность, кг	20000
Наружный диаметр роликов, мм	400
Диаметр свариваемых изделий, мм	52,0-403,0
наибольший	4000
наименьший	400
Угловой люфт приводного ролика, градусы, не более (не более 3мм на радиус 200 мм)	0,8
Количество приводных секций, шт.	1
Количество неприводных секций, шт.	1
Габаритный размеры, мм	
Приводной	3350x695x560
Неприводной	2684x530x560
Установленная мощность, кВт, не более	1310
Род питающего тока	Переменный трехфазный
Напряжение, В	380
Частота тока, Гц	50
Масса, кг	3
Степень защиты по ГОСТ 14254-80 шкафа управления	JP-32

Неприводная секция представляет собой раму, на которой установлены две неприводные роlikоопоры.

Настройка вращателя на заданный диаметр свариваемого изделия производится перемещением роlikоопор на секциях с помощью винтовой передачи до совмещения стрелки на роlikоопоре и соответствующим делением на линейке, кроме того, перемещение роlikоопоры позволяет уменьшить или ликвидировать осевое перемещение свариваемого изделия.

Это сварочное оборудование предназначено для вращения цилиндрических изделий со сварочной скоростью при автоматической сварке внутренних и наружных кольцевых швов, а также для установки изделий па маршевой скорости в положение, удобное для ручной и полуавтоматической сварки. С помощью вращателей достигается рациональное расположение сварочного участка, за счет чего сокращается вспомогательное время на сварку до минимума.

Тележки для сварки кольцевых швов (для несамоходных сварочных аппаратов) и кольцевых и коротких прямолинейных швов (для самоходных аппаратов) имеют только маршевую скорость перемещения. Тележки для сварки кольцевых и длинных прямолинейных швов имеют наряду с маршевой и рабочую (сварочную) скорость перемещения.

Технические характеристики велотележки ВТ-3 приведены в таблице 24.

Таблица 24 – Техническая характеристика велотележки ВТ-3

Параметры	Значение
Высота уровня сварки, мм	2200 - 4800
Расстояние между осями стойки и электрода, мм	2240 - 2440
Наибольшая длина швов, мм	2500
Скорость перемещения тележки, м/мин: маршевая	10
Габаритные размеры, мм	4500x3900x7000
Масса, кг	5300

Велосипедная тележка перемещается по двум рельсам, расположенным в вертикальной плоскости один над другим. Велосипедную тележки монтируют из

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	80
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

колонн, устанавливаемых на самоходные двухколесные платформы, перемещающиеся по верхнему (направляющему) рельсу, удерживающие те-лежку от опрокидывания. Эта тележка занимает сравнительно небольшую производственную площадь, но может располагаться только у стены цеха, так как при ее размещении в середине пролета требуется устройство специальной металлоконструкции для крепления верхнего рельса. В некоторых случаях верхний рельс закрепляют на цеховых колоннах. Этот способ может быть применен только при достаточной жесткости колонн, так как в противном случае, при проходе мостового крана, колебания колонн будут передаваться сварочному аппарату, что снизит качество шва. Во избежание этого иногда крепление кронштейнов, поддерживающих верхний реле, к цеховым колоннам осуществляют с помощью резиновых амортизирующих прокладок.

Проведём расчет скорости вращения обечайки.

Скорость сварки находим по формулам из расчета режимов сварки:

$$v_{св} = 16...24 \text{ м/ч} \approx 0,4 \text{ м/мин.}$$

Формула, связывающая линейное и вращательное движение:

$$v_{св} = \omega \cdot R \quad (9.1)$$

где ω - угловая скорость вращения обечайки; R - радиус обечайки, м.

Тогда формула скорости вращения обечайки на роликовом стенде будет выглядеть следующим образом:

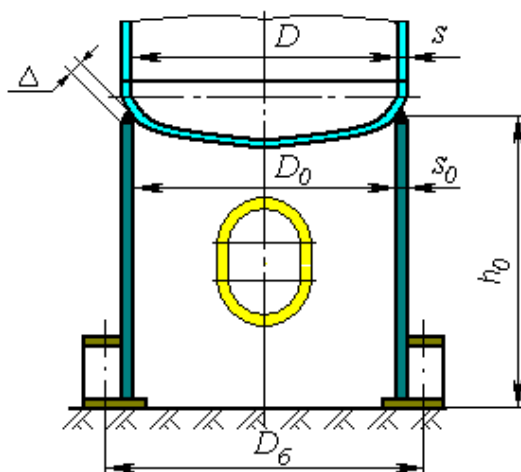
$$\omega = \frac{v_{св}}{R} \quad (9.2)$$

$$\omega = \frac{0,4}{1,008} = 0,39 \text{ об/мин}$$

Таким образом, роликовый стенд обеспечивает вращение обечайки со сварочной скоростью для сварки кольцевых швов, так как это значение входит в диапазон допустимых скоростей вращения роликов (0,075...2,5 об/мин).

10 Расчеты на прочность в программе Пассат

Опора колонного аппарата №1



Исходные данные

Несущий элемент:	Днище эллиптическое №2
Высота опоры, h_0 :	2000 мм
Диаметр верхнего основания, D_0 :	2000 мм

Цилиндрический участок:

Материал:	09Г2С Лист
Толщина стенки, s_0 :	6 мм
Прибавка для компенсации коррозии и эрозии, s_1 :	3 мм
Прибавка для компенсации минусового допуска, s_2 :	0,6 мм
Прибавка технологическая, s_3 :	0 мм
Сумма прибавок к расчётной толщине стенки, s :	3,6 мм

Фундамент:

Бетон: В10 (М150)

Расчёт в рабочих условиях

Условия нагружения:

Расчётная температура, T :	150 °C
Расчётный изгибающий момент в верхнем сечении:	1,0871 кН·м
Расчётный изгибающий момент в нижнем сечении:	1,0871 кН·м
Расчётное поперечное усилие в верхнем сечении:	0 кН
Расчётное поперечное усилие в нижнем сечении:	0 кН

Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ

Расчётное осевое сжимающее усилие, F:

77,622 кН

Свойства материала опорной обечайки в месте сопряжения с корпусом:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С Лист при температуре 150 °С
(рабочие условия):

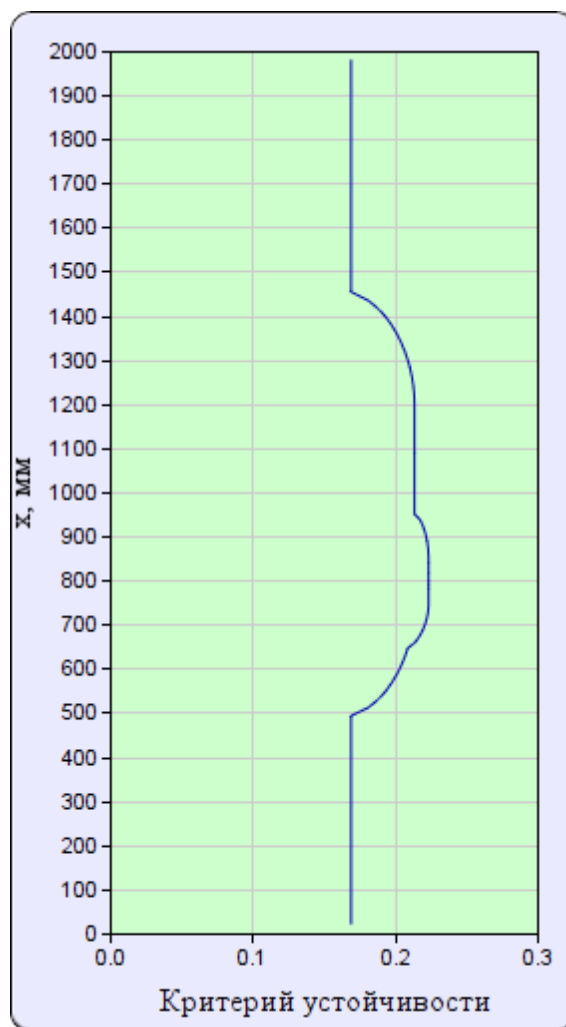
$[\sigma]_0 = 171$ МПа

Свойства материала корпуса аппарата:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С Лист при температуре 150 °С
(рабочие условия):

$[\sigma]_к = 171$ МПа

Расчёт опорной обечайки по ГОСТ 34233.9-2017



— Критерий устойчивости

— Предельное значение

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ

Расчет опорной обечайки

Устойчивость опорной обечайки в напряженном сечении:

$$\frac{F}{\psi_1 \cdot [F]} + \frac{M + F \cdot \psi_3 \cdot D_2}{\psi_2 \cdot [M]} = 77,622 / (0,89142 \cdot 471,32) + (1,0871 + 77,622 \cdot 0,048246 \cdot 2000) / (0,83359 \cdot 267,96) = 0,22315$$

$$\frac{F}{\psi_1 \cdot [F]} + \frac{M + F \cdot \psi_3 \cdot D_2}{\psi_2 \cdot [M]} \leq 1,0;$$

$$\frac{1}{\pi \cdot D_0 \cdot \Delta} \cdot \left(\frac{4 \cdot M}{D_0} + F \right) \leq 0,8 \cdot \min \{ [\sigma]_0; [\sigma]_k \}$$

Условие устойчивости выполнено.

Условие прочности выполнено.

Расчёт в условиях испытаний

Условия нагружения:

Расчётная температура, T:	20 °С
Расчётный изгибающий момент в верхнем сечении:	1,3278 кН·м
Расчётный изгибающий момент в нижнем сечении:	1,3278 кН·м
Расчётное поперечное усилие в верхнем сечении:	0 кН
Расчётное поперечное усилие в нижнем сечении:	0 кН
Расчётное осевое сжимающее усилие, F:	183,01 кН

Свойства материала опорной обечайки в месте сопряжения с корпусом:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С Лист при температуре 20 °С
(условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]_{0}^{20} = \frac{R_{e/20}}{n_T} = 300 / 1,1 = 272,73 \text{ МПа}$$

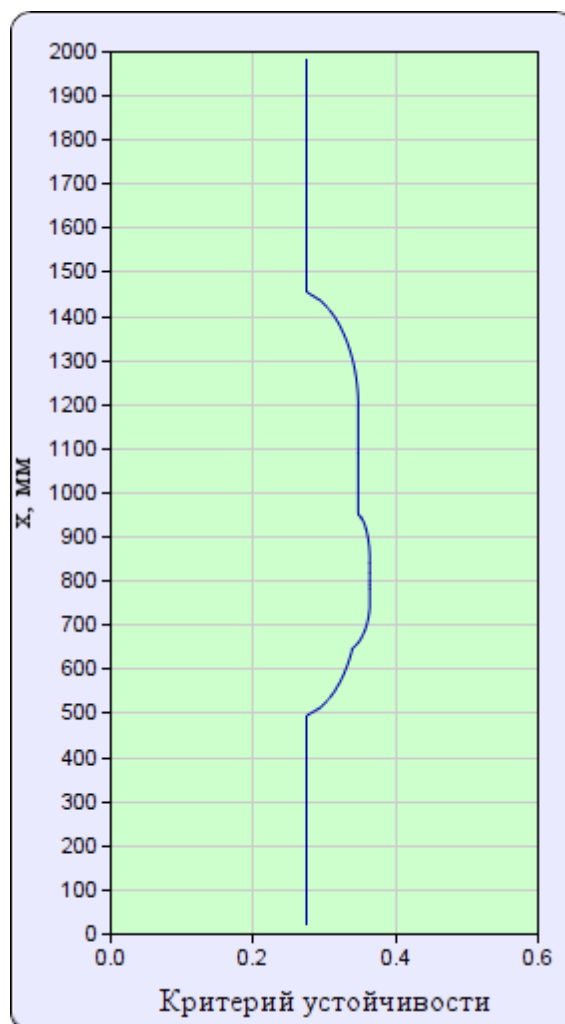
Свойства материала корпуса аппарата:

Допускаемые напряжения для материала 09Г2С Лист при температуре 20 °С
(условия гидроиспытаний):

$$[\sigma]_{K}^{20} = \frac{R_{e/20}}{n_T} = 300 / 1,1 = 272,73 \text{ МПа}$$

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	84
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Расчёт опорной обечайки по ГОСТ 34233.9-2017



— Критерий устойчивости

— Предельное значение

Расчет опорной обечайки

Устойчивость опорной обечайки в напряженном сечении:

$$\frac{F}{\psi_1 \cdot [F]} + \frac{M + F \cdot \psi_3 \cdot D_2}{\psi_2 \cdot [M]} = 183,01 / (0,89142 \cdot 674,6) + (1,3278 + 183,01 \cdot 0,048246 \cdot 2000) / (0,83359 \cdot 383,91) = 0,36366$$

$$\frac{F}{\psi_1 \cdot [F]} + \frac{M + F \cdot \psi_3 \cdot D_2}{\psi_2 \cdot [M]} \leq 1,0;$$

$$\frac{1}{\pi \cdot D_0 \cdot \Delta} \cdot \left(\frac{4 \cdot M}{D_0} + F \right) \leq 0,8 \cdot \min \{ [\sigma]_0; [\sigma]_k \}$$

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Условие устойчивости выполнено.

Условие прочности выполнено.

11 Контроль качества сварных соединений

11.1 Предварительный контроль

Контроль качества сварных соединений начинаем проводить еще до выполнения сварки. Проверяем: – квалификацию сварщиков; – качество заготовок для сборки; – качество основного металла изделия; – качество сварочных материалов (проволока, электроды, флюс, защитный газ и т.п.); – исправность сварочного оборудования, его соответствие характеристикам указанным в паспорте; – исправность вспомогательного оборудования (роликовые стенды, центраторы и т.п.).

11.2 Визуальный и измерительный контроль

Во время сварки изделия проводим постоянный контроль внешнего вида шва, его геометрических размеров, осуществляют контроль за соблюдением режимов сварки и исправностью сварочного оборудования, наблюдают за выполнением технологического процесса.

Внешнему осмотру и измерениям подвергаются все сварные соединения конструкции, независимо от способов сварки, назначения и ответственности швов. Перед тем как приступить к визуально-измерительному контролю сварной шов и прилегающую к нему поверхность металла зачищают по обе стороны на ширину не менее 20 мм, чтобы шлак и иные загрязнения не затрудняли осмотр.

Для ВИК размеров сварных соединений используем специальные шаблоны или иной измерительный инструмент для проверки геометрических размеров шва. По ГОСТ34347–2017 сварной шов подвергается визуально-измерительному

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ</i>	86
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

контролю по всей длине. По СТО 9701105632-003-2021 в сварном шве визуально контролируем: – отсутствие или наличие трещин; – отсутствие или наличие дефектов в виде пор, прожогов, отслоений, наплывов, усадочных раковин, включений, свищей, подрезов, непроваров, брызг расплавленного металла, западаний между валиками, грубой чешуйчатости; – качество зачистки металла на месте приварок временных креплений, отсутствие дефектов зачищенной поверхности; – качество зачистки поверхности шва и околошовных зон под последующий контроль неразрушающими методами; – наличие клейма шва и правильности его выполнения.

Визуально-измерительный контроль проводим для всех сварных швов в объеме 100 %.

11.3 Ультразвуковой контроль

Ультразвуковой контроль регламентируется по ГОСТ Р 55724–2013 [21] и производится в соответствии СТО 00220256–005–2005 [22]. Суть ультразвукового метода контроля заключается в излучении и принятии отраженных ультразвуковых колебаний.

Ультразвуковой контроль проводим для продольных и кольцевых сварных швов в объеме 100 %.

11.4 Гидравлические испытания сварных соединений

Испытания на герметичность регламентируются по ГОСТ 34347–2017, ГОСТ 3242–79 [23] и производятся в соответствии с РД 24.200.11–90 [24]. Суть гидравлического контроля – сварную конструкцию наполняют водой, при помощи насоса создают давление до двух раз превышающее рабочее и выдерживают конструкцию под давлением на протяжении от 5 до 10 минут. После создания

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ</i>	87
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

пробного гидравлического давления сварные швы конструкции осматривают с целью выявления утечки воды, выноса капель и отпотевании. После обнаружения утечек давление в конструкции сбрасывают, и вода откачивается обратно.

Гидравлический контроль проводим для всех сварных швов в объеме 100 %.

11.5 Механические испытания

Механические испытания регламентируются по ГОСТ 6996–66 [25] и РД 26–11–08–86 [26]. Суть испытания на статический изгиб – образец сварного соединения подвергают изгибу сосредоточенной нагрузкой в месте сварного шва, при этом в верхней части сварного шва возникает сжимающее напряжение, а в нижней растягивающие.

Для испытания на статический изгиб образец должен быть сварен: – на режимах сварки принятых для сварного соединения;

– в аналогичных условиях;

– с использованием таких же сварочных материалов и оборудования; – сварщиком, который будет варить сварной шов на изделии. Суть испытания на статическое растяжение – образец сварного соединения подвергают растяжению на специальном оборудовании до его разрушения. При этом определяют предел прочности и предел текучести, а также точку разрушения. Для испытания на статическое растяжение образец должен быть выполнен аналогично образцу для статического изгиба.

При получении неудовлетворительных результатов по какому-либо виду механических испытаний допускается проведение повторного испытания на удвоенном количестве образцов, вырезанных из того же контрольного сварного соединения, по тому виду механических испытаний, которые показали неудовлетворительные результаты. Механические испытания проводим для продольных и кольцевых швов сварных швов в объеме 100 %

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	88
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

11.6 Капиллярный контроль

Контроль капиллярным методом выполняют согласно требованиям РД 26–11–01–85 [27] и ГОСТ 18442–80 [28]. Суть метода капиллярной дефектоскопии основана на проникновении специальных веществ в наружные слои шва под действием атмосферного давления, последующая обработка проявителем увеличивает цветоконтрастность дефектного участка с выявлением качественного и количественного состава повреждений. Процесс проведения цветного метода капиллярной дефектоскопии проводим в следующей последовательности: – предварительная очистка поверхности с помощью очистителя; – нанесение пенетранта; – удаление излишков; – нанесение проявителя; – выявление дефектов; – очистка поверхности. Капиллярная дефектоскопия используется для выявления поверхностных дефектов малых размеров, которые определить с помощью визуального измерительного контроля не представляется возможным. В результате капиллярной дефектоскопии выявляются трещины, свищи, раковины, поры, непровары, межкристаллическая коррозия и т.д. Назначаем согласно РД 26–11–01–85 и ГОСТ 18442–80 цветной метод капиллярной дефектоскопии для сварного шва № 5 в объеме 100 %.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	89
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Заключение

В выпускной квалификационной работе была произведена разработка технологии сборки и сварки корпуса абсорбера из стали 09Г2С. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены задачи по: – расчету и проектированию сварной конструкции; – методике выбора основных и сварочных материалов; – расчету режимов и выбору оборудования и средств технологического оснащения для получения качественных сварных швов; – составлению и составу технологической документации, применяемой в области сварочного производства; – контролю качества сварных соединений.

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что сварная конструкция корпуса является технологичной, выбранные способы и режимы сварки позволяют выполнить сварные соединения требуемого качества при минимальных затратах.

Замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную сварку плавящимся электродом в среде защитного газа позволила повысить степень механизации производства, а также увеличила скорость выполнения определенных этапов производственного цикла. Применение механизированной сварки так же повысило качество выполняемых сварных соединений, что повышает надежность конструкции в целом.

Список литературы

1. **Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.** ГОСТ 34347-2017

2. **Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности** «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением»

3. **Аппараты колонные. Технические требования [Текст]:** ГОСТ 31838-2012. – Введ. – 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.: ил.

4. **Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов** Типы, основные параметры и размеры ГОСТ 9931-85

5. **Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения (с Изменениями N 1-4)** ГОСТ 9.032-74

6. **Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5)** ГОСТ 15150-69

7. **Проволока стальная сварочная. Технические условия (с Изменениями N 1-5)** ГОСТ 2246-70

8. **Днища эллиптические, отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов [Текст]:** ГОСТ 6533-78. – Введ. – 1980-01-01. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – II, 39 с.: ил.

9. **Проволока стальная сварочная. Технические условия (с Изменениями N 1-5)** ГОСТ 2246-70

10. **Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования** ГОСТ 34233.1-2017

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

11. **Инженерно-технологические основы подготовки сварочного производства** [Текст]: учеб. пособие / В.Г. Гордиевский, С.Н. Чугунов, И.А. Казанцев [и др.]; под ред. д.т.н., проф. А.Е. Розена. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 276 с.

12. **Нормирование расхода материалов** [Текст]: ГОСТ 14.322–83. – Введ. 1984–01–01. – М.: Стандартинформ, 2009. – I, 6 с.

13. **Сварные соединения приварки люков, штуцеров и муфт. основные типы, конструктивные типы и размеры.** РД 26-18-8-89

14. **Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** ГОСТ 8713-79

15. **Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3)** ГОСТ 14771-76

16. **Дуговая сварка в защитных газах. Соединения сварные под острыми и тупыми углами. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** ГОСТ 23518-79

17. **Сварка сосудов, аппаратов и трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей** СТО 00220368-012-2008.

18. **Флюсы сварочные плавные для автоматической сварки. Технические условия (с Поправкой)** ГОСТ Р 52222-2004

19. **Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия (с Изменениями N 1, 2, с Поправкой)** ГОСТ 8050-85

20. **Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов** [Текст]: РД 03–615–03. – Введ. 2003–06–19. – М.: Госгортехнадзор России, 2003. – 153 с.

21. **Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые** ГОСТ Р 55724-2013

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ</i>	92
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

22. Швы стыковых, угловых и тавровых сварных соединений сосудов и аппаратов, работающих под давлением. Методика ультразвукового контроля [Текст]: СТО 00220256–005–2005. – Введ. 2006–06–01. – М.: ОАО «НИИХИММАШ», 2006. – 113 с.

23. Соединения сварные. Методы контроля качества [Текст]: ГОСТ 3242–79. – Введ. 1981–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 9 с. 36.

24. Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность [Текст]: РД 24.200.11–90. – Введ. 1997–01–07. – М.: Министерство тяжелого машиностроения СССР, 1990. – 49 с

25. Сварные соединения. Методы определения механических свойств [Текст]: ГОСТ 6996–66. – Введ. 1967–01–01. – М.: Стандартиформ, 2005. – 83 с. 38.

26. Сварные соединения. Механические испытания [Текст]: РД 26–11–08–86. – Введ. 1987–01–01. – Волгоград: Министерство химического и нефтяного машиностроения, 1986. – 26 с.

27. Инструкция по контролю сварных соединений, недоступных для проведения радиографического и ультразвукового контроля [Текст]: РД 26–11–01–85. – Введ. 1985–07–01. – Волгоград: Министерство химического и нефтяного машиностроения, 1985. – 7 с.

28. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования [Текст]: ГОСТ 18442–80. – Введ. 1981–06–30. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 56 с.

Приложение А

Карты технологического процесса сварки

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ № 1

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 34347–2017
2	Способ сварки	АФФ
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (МО1)
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока Св- 08Г2С по ГОСТ 2246–70 Флюс АН-42 по ГОСТ Р 52222–2004
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 мм
7	Длина деталей в зоне сварки	4200,0 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С29 ГОСТ 8713-79
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок
12	Положение при сварке	Н1
13	Режимы подогрева	Отсутствует
14	Режимы термообработки	Отсутствует
15	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 2 – Конструкция соединения, конструктивные элементы шва

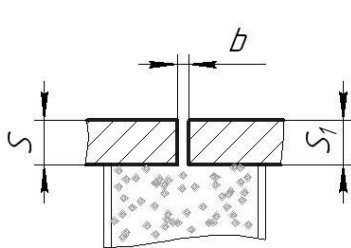
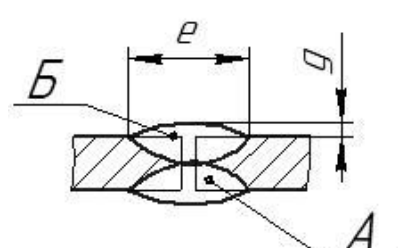
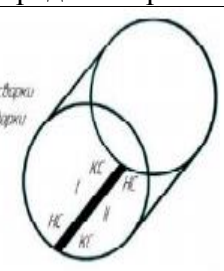
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 3 – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N

Параметр	$S=S1$	N	b	e	g
Значение	6,0	1	1	19	2,0

Сварочное оборудование (тип): АЗ совместно с А8. Универсальный сварочный выпрямитель – ВДУ-1250; Сварочный автомат АДФ–1002 17.

Таблица 4 – Технологические параметры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр сварочной проволоки, мм	Род тока, полярность	Сварочный ток, А	Напряжение дуго, В	Скорость сварки, м/ч	Величина вылета проволоки, мм
Шов № 1	3,0	по	470,0... 530,0	32,0... 38,0	16,0... 24,0	85,0... 90,0

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищены от загрязнений, масел и прочих загрязнений на ширине не менее 50 мм.

2. Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

3 Прихватки выполняются механизированной сваркой в среде защитных газов. Сварочные материалы: Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70, защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050–85. Режимы сварки: диаметр сварочной проволоки 1,6 мм; постоянный ток обратной полярности; сварочный ток от 160 до 80 А; напряжение дуги от 22 до 24 В; вылет электродной проволоки от 15 до 20 мм.

4 Провести визуальный контроль прихваток после их очистки. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путем и заварены вновь с последующим контролем. Требования к прихватке: длина каждой прихватки должна составлять от 20 до 30 мм; толщина прихваток от 3 до 5 мм; расстояние между прихватками от 300 до 400 мм.

5. Шов №1 сварить до чертежных размеров согласно чертежу. Способ сварки – АФф (на флюсовой подушке).

6. Выбрать корень шва до чистого металла.

7. Сварить шов №2 до чертежных размеров согласно чертежу. Способ сварки – АФ (под слоем флюса).

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	95
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

8. Провести визуальный и измерительный контроль шва.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: флюсовая защита.

Газ/флюс: АН-42

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Таблица 5 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТО 9701105632-003-2021	100 %
Измерительный			100 %
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724-2013 СТО00220256-005-2005	СТО 00220256-005-2005	100 %
Гидравлический	РД 24.200.11-90	ГОСТ 34347-2017 ГОСТ 3242-79	100 %
Статическое растяжение	РД 26-11-08-86 ГОСТ 6996-66	ГОСТ 6996-66	2 образца
Статический изгиб			2 образца
Ударный изгиб			2 образца

Разработал: _____/Мясников А.В./

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ № 2

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 34347–2017
2	Способ сварки	АФФ
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (МО1)
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70 Флюс АН-42 по ГОСТ Р 52222–2004
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 мм
7	Длина деталей в зоне сварки	6948,0 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С29 ГОСТ 8713-79
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок
12	Положение при сварке	Н1
13	Режимы подогрева	Отсутствует
14	Режимы термообработки	Отсутствует
15	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 2 – Конструкция соединения, конструктивные элементы шва

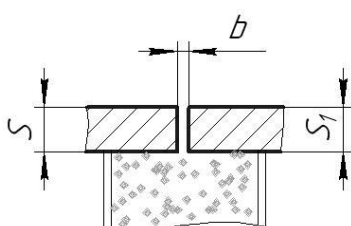
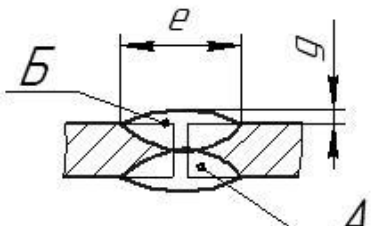
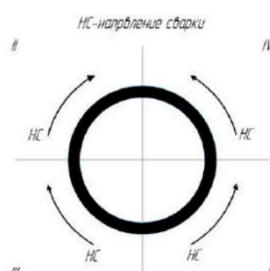
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 3 – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N

Параметр	$S=S1$	N	b	e	g
Значение	6,0	1	1	19	2,0

Сварочное оборудование (тип): АЗ совместно с А8. Универсальный сварочный выпрямитель – ВДУ-1250; Сварочный автомат АДФ–1002 17. Технологические параметры сварки:

Таблица 4 – Технологические параметры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр сварочной проволоки, мм	Род тока, полярность	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Величина вылета проволоки, мм
Шов № 1	3,0	по	470,0... 530,0	32,0... 38,0	16,0... 24,0	85,0... 90,0

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищены от загрязнений, масел и прочих загрязнений на ширине не менее 50 мм.

2. Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

3 Прихватки выполняются механизированной сваркой в среде защитных газов. Сварочные материалы: Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70, защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050–85. Режимы сварки: диаметр сварочной проволоки 1,6 мм; постоянный ток обратной полярности; сварочный ток от 160 до 180 А; напряжение дуги от 22 до 24 В; вылет электродной проволоки от 15 до 20мм.

4 Провести визуальный контроль прихваток после их очистки. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путем и заварены вновь с последующим контролем. Требования к прихватке: длина каждой прихватки должна составлять от 20 до 30 мм; толщина прихваток от 3 до 5 мм; расстояние между прихватками от 300 до 400 мм.

5. Шов №1 сварить до чертежных размеров согласно чертежу. Способ сварки – АФф (на флюсовой подушке).

6. Выбрать корень шва до чистого металла.

7. Сварить шов №2 до чертежных размеров согласно чертежу. Способ сварки – АФ (под слоем флюса).

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	98
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

8. Провести визуальный и измерительный контроль шва.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: флюсовая защита.

Газ/флюс: АН-42

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Таблица 5 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТО 9701105632-003-2021	100 %
Измерительный			100 %
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724–2013 СТО00220256–005–2005	СТО 00220256–005–2005	100 %
Гидравлический	РД 24.200.11–90	ГОСТ 34347–2017 ГОСТ 3242–79	100 %
Статическое растяжение	РД 26–11–08–86 ГОСТ 6996–66	ГОСТ 6996–66	2 образца
Статический изгиб			2 образца
Ударный изгиб			2 образца

Разработал: _____/Мясников А.В./

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ № 3

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 34347–2017
2	Способ сварки	АФФ
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (МО1)
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока 08Г2С по ГОСТ 2246–70 Флюс АН-42 по ГОСТ Р 52222–2004
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 мм
7	Длина деталей в зоне сварки	2500,0 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С29 ГОСТ 8713-79
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	Без скоса кромок
12	Положение при сварке	Н1
13	Режимы подогрева	Отсутствует
14	Режимы термообработки	Отсутствует
15	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 2 – Конструкция соединения, конструктивные элементы шва

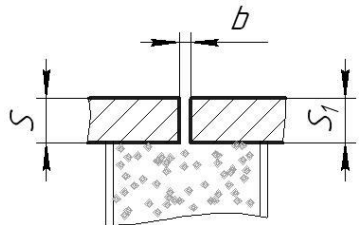
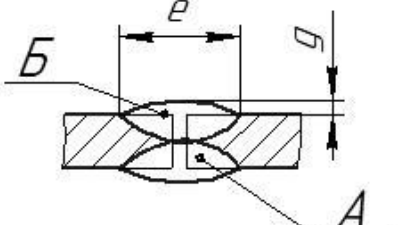
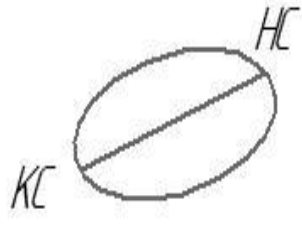
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 3 – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N

Параметр	$S=S1$	N	b	e	g
Значение	6,0	1	1	19	2,0

Сварочное оборудование (тип): АЗ совместно с А8. Универсальный сварочный выпрямитель – ВДУ-1250; Сварочный автомат АДФ–1002 17. Технологические параметры сварки:

Таблица 4 – Технологические параметры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр сварочной проволоки, мм	Род тока, полярность	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Величина вылета проволоки, мм
Шов № 1	3,0	по	470,0... 530,0	32,0... 38,0	16,0... 24,0	85,0... 90,0

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищены от загрязнений, масел и прочих загрязнений на ширине не менее 50 мм.

2. Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

3. Прихватки выполняются механизированной сваркой в среде защитных газов. Сварочные материалы: Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70, защитный газ –

двуокись углерода по ГОСТ 8050–85. Режимы сварки: диаметр сварочной проволоки 1,6 мм; постоянный ток обратной полярности; сварочный ток 160...180 А; напряжение дуги 22...24 В; вылет электродной проволоки 15...20 мм.

4. Провести визуальный контроль прихваток после их очистки. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путем и заварены вновь с последующим контролем. Требования к прихватке: длина каждой прихватки должна составлять от 20 до 30 мм; толщина прихваток от 3 до 5 мм; расстояние между прихватками от 300 до 400 мм.

5. Шов №1 сварить до чертежных размеров согласно чертежу. Способ сварки – АФф (на флюсовой подушке).

6. Выбрать корень шва до чистого металла.

7. Сварить шов №2 до чертежных размеров согласно чертежу. Способ сварки – АФ (под слоем флюса).

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	101
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

8. Провести визуальный и измерительный контроль шва.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: флюсовая защита.

Газ/флюс: АН-42

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Таблица 5 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТО 9701105632-003-2021	100 %
Измерительный			100 %
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724–2013 СТО00220256–005–2005	СТО 00220256–005–2005	100 %
Гидравлический	РД 24.200.11–90	ГОСТ 34347–2017 ГОСТ 3242–79	100 %
Статическое растяжение	РД 26–11–08–86 ГОСТ 6996–66	ГОСТ 6996–66	2 образца
Статический изгиб			2 образца
Ударный изгиб			2 образца

Разработал: _____/Мясников А.В./

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ № 4

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 34347–2017
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (МО1)
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 мм
7	Длина деталей в зоне сварки	367 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	У6 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок 40 град
12	Положение при сварке	Н1
13	Режимы подогрева	Отсутствует
14	Режимы термообработки	Отсутствует
15	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 2 – Конструкция соединения, конструктивные элементы шва

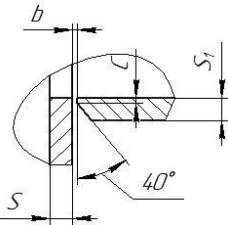
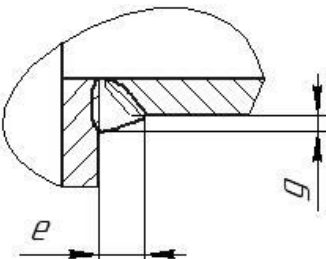
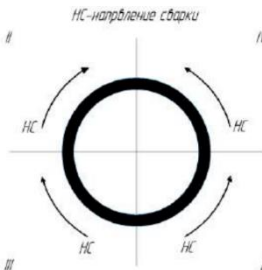
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 3 – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N

Параметр	$S=S1$	N	b	e	g
Значение	6,0	1	1	8	2,0

Сварочное оборудование (тип): АЗ совместно с А8. Универсальный сварочный выпрямитель – ВДУ-1250; сварочный полуавтомат – Сварог MIG 3500 (J93).

Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	103
------	------	--------	---------	------	-------------------------------	-----

Таблица 4 – Технологические параметры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр сварочной проволоки, мм	Род тока, полярность	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Величина вылета проволоки, мм
Шов № 1	1,6	по	180,0... 220,0	25,0... 30,0	10,0... 25,0	85,0... 90,0

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищены от загрязнений, масел и прочих загрязнений на ширине не менее 20 мм.

2. Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

3. Прихватки выполняются механизированной сваркой в среде защитных газов. Сварочные материалы: Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70, защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050–85. Режимы сварки: диаметр сварочной проволоки 1,6 мм; постоянный ток обратной полярности; сварочный ток 160...180 А; напряжение дуги 22...24 В; вылет электродной проволоки 15...20 мм.

4. Провести визуальный контроль прихваток после их очистки. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путем и заварены вновь с последующим контролем. Требования к прихватке: длина каждой прихватки должна составлять от 20 до 30 мм; толщина прихваток от 3 до 5 мм; расстояние между прихватками от 450 до 550 мм.

5. Выполнить шов согласно чертежу, отбить брызги.

6. Провести визуальный и измерительный контроль шва.

Таблица 5 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТО 9701105632-003-2021	100 %
Измерительный			100 %
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724–2013 СТО00220256–005–2005	СТО 00220256–005–2005	100 %
Гидравлический	РД 24.200.11–90	ГОСТ 34347–2017	100 %

Разработал: _____/Мясников А.В./

СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ № 5

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 34347–2017
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (МО1)
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70
6	Толщина свариваемых деталей	6,0 мм
7	Длина деталей в зоне сварки	2110 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	У6 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	нет
12	Положение при сварке	Н1
13	Режимы подогрева	Отсутствует
14	Режимы термообработки	Отсутствует
15	Дополнительные параметры	Нет

Таблица 2 – Конструкция соединения, конструктивные элементы шва

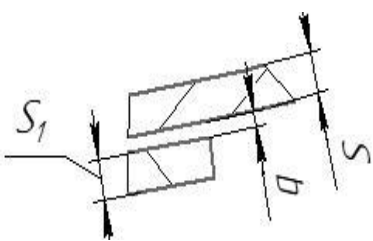
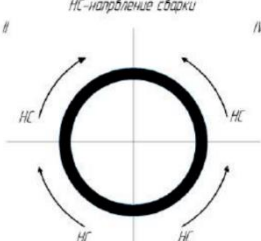
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 3 – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N

Параметр	$S=S1$	N	b	K
----------	--------	---	---	---

Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ		105
------	------	--------	---------	------	-------------------------------	--	-----

Значение	6,0	1	0	6
----------	-----	---	---	---

Сварочное оборудование (тип): АЗ совместно с А8. Универсальный сварочный выпрямитель – ВДУ-1250; сварочный полуавтомат – Сварог MIG 3500 (J93).

Таблица 4 – Технологические параметры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр сварочной проволоки, мм	Род тока, полярность	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Величина вылета проволоки, мм
Шов № 1	1,6	по	180,0... 220,0	25,0... 30,0	10,0... 25,0	85,0... 90,0

Технологические требования к сварке:

1. Перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть очищены от загрязнений, масел и прочих загрязнений на ширине не менее 20 мм.

2. Собрать и прихватить. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

3. Прихватки выполняются механизированной сваркой в среде защитных газов. Сварочные материалы: Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70, защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050–85. Режимы сварки: диаметр сварочной проволоки 1,6 мм; постоянный ток обратной полярности; сварочный ток 160...180 А; напряжение дуги 22...24 В; вылет электродной проволоки 15...20 мм.

4. Провести визуальный контроль прихваток после их очистки. Прихватки, имеющие дефекты, должны быть удалены механическим путем и заварены вновь с последующим контролем. Требования к прихватке: длина каждой прихватки должна составлять от 20 до 30 мм; толщина прихваток от 3 до 5 мм; расстояние между прихватками от 450 до 550 мм.

5. Выполнить шов согласно чертежу, отбить брызги.

6. Провести визуальный и измерительный контроль шва.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ	106
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Таблица 5 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТО 9701105632-003-2021	100 %
Измерительный			100 %
Цветная дефектоскопия	ГОСТ 18442-80	ГОСТ 18442-80	100 %

Разработал: _____/Мясников А.В./

Приложение Б Графическая часть

					ПГУ.ВКР.15.03.01.183МО.012.ПЗ	109
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

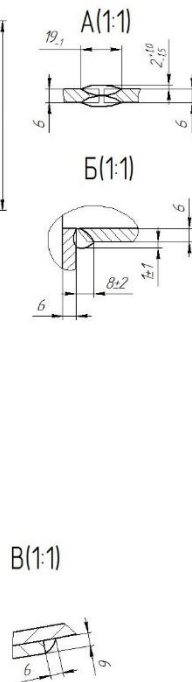
Перв. примен.		Справ. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.	
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
				Документация									
A1		1	183M0012.T4.1	Сборочный чертеж									
				Сборочные единицы									
		2	183M0012.T4.2	Обечайка	1								
		3	183M0012.T4.3	Днище	2								
		4	183M0012.T4.4	Штуцер	6								
A1		5	183M0012.T4.5	Технологические параметры режимов сварки	1								
A1		6	183M0012.T4.6	Заготовительные операции и материалы	1								
A1		7	183M0012.T4.7	Сборка и сварка корпуса адсорбера	1								
A1		8	183M0012.T4.8	Установка для сварки корпуса адсорбера	1								
A1		9	183M0012.T4.9	Методы контроля сварных швов и КСС	1								
A1		10	183M0012.T4.10	Расчет элемента конструкции	1								
ПГУ.ВКР.15.03.01.183M0.012													
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата		Корпус адсорбера					
Разраб.		Мясников А.В.											
Пров.		Крюков Д.Б.											
Н.контр.		Харин А.В.											
Утв.		Розен А.Е.						Лит.		Лист		Листов	
								1				1	
										Кафедра СЛПМ, гр.183M041			

Копировал

Формат А4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.183M0.012.ПЗ



Техническая характеристика		
Наименование аппарата	Значение параметров	
Группа аппарата по ГОСТ 3434-7-2017	3	
Вместимость, м ³	16	
Давление в пространстве, МПа	рабочее	0,1
	расчетное	0,169
	пробное	0,24
Температура расчетная, °C	100	
Допустимая рабочая температура стенки, °C	минимальная	минус 40
	максимальная	150
Наименование рабочей среды и ее состав %	верх	Парагазовая смесь с содержанием Н ₂ S до 50% Н ₂ O до 45% масс
	низ	Регенерационный раствор МДЗА с содержанием Н ₂ S до 0,71 г/л
Характеристики рабочей среды	пожароопасность	да
	Категория взрывоопасности по ГОСТ 121-004-91	да
	Группа взрывоопасности по ГОСТ 121-004-91	да
	Коррозионность	да
	Температура рабочая, °C	минус 40 – плюс 150
Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69	УХЛ1	
Основной материал	09Г2С ГОСТ 5520-79	
Скорость коррозии, мм/год	0,3	
Прибавка на коррозию (эрозию), мм	3	
Срок службы, лет	10	
Габаритные размеры аппарата не более, мм	длина	2012
	ширина	2475
	высота	7400

2. Аппарат изготовить в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением"; ГОСТ 34347-2017 "Сосуды и аппараты "Аппараты емкостные. Технические условия" ГОСТ 31838-2012 Аппараты колонные. Технические требования. ГОСТ 31837-2012 "Газоочистители абсорбционные. Требования безопасности и методы испытаний"
3. Строповые устройства испытать путем подъема аппарата с дополнительным грузом массой составляющей 25% от массы аппарата
4. Гидроиспытать на прочность и герметичность подрым избыточным давлением на плотность 0,24 МПа в течение 30 мин. Течи и потения не допускаются. После гидроиспытаний воду, аппарат просушить.
5. Наружные поверхности кроме присоединительных и резьбовых окрасить груннт-эмаль "Черна"
- Срок годности 7 лет. Окрашенные поверхности должны соответствовать VI классу покрытия по ГОСТ 9.032-74. Группа условий эксплуатации УХ/11 по ГОСТ 1550-69
6. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-т.К

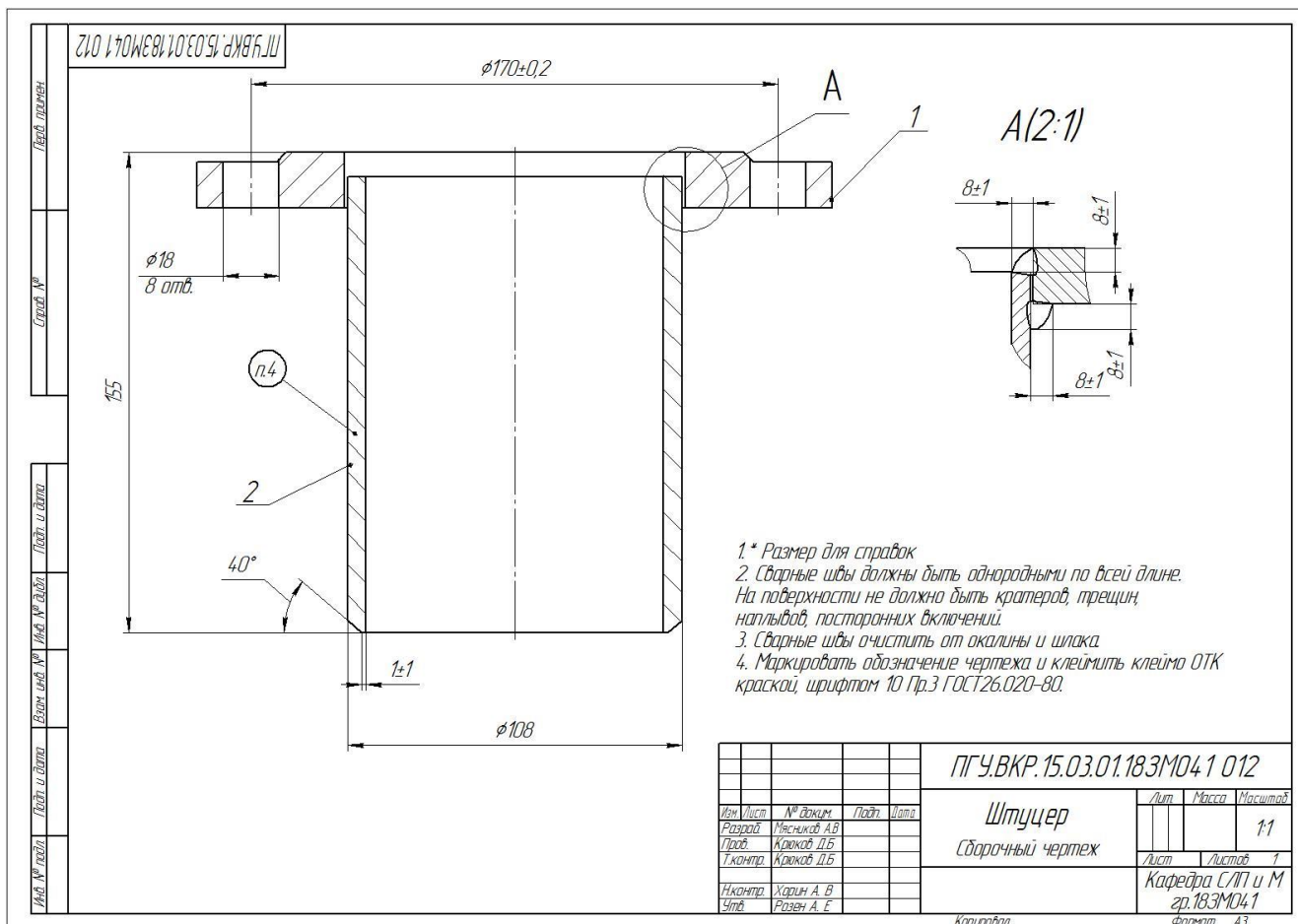
						ПГУ.ВКР.15.03.01.183М04.1 012.Т4			
Исполн	№ докум	Дата	Лист			Карточка описи АК-01-183М012 Сборочный чертеж			
Разработ	Исполнил А.Б.					Дат	Масш	Нормат	
Провер	Исполнил А.Б.								1:15
Констр	Исполнил А.Б.					Лист	Всего		
Исполн	Исполнил А.Б.					Карточка (Л1) к докум. 183М04.1			
Мат	Исполнил А.Б.								

Заготовительные операции и материалы

Наименование деталей	Материал	Сортамент	Заготовительные операции с применяемым оборудованием	Толщина, мм
Обечайка	09Г2С	Лист $\frac{Б-ПН-0-6 \times 1500 \times 6400 \text{ ГОСТ } 19903-2015}{09Г2С-0П-ТО \text{ ГОСТ } 5520-2017}$ Лист $\frac{Б-ПН-0-6 \times 1200 \times 6400 \text{ ГОСТ } 19903-2015}{09Г2С-0П-ТО \text{ ГОСТ } 5520-2017}$	Резка – станок плазменной резки с ЧПУ KompaKT fiBe Мех. обработка – угловая шлифмашинка АЕТ5М513-125ХЕ Вальцевание – листогидравлическая трехвалковая машина W12NC 40x2500	6
Днище	09Г2С	Лист $\frac{Б-ПН-0-6 \times 2500 \times 2500 \text{ ГОСТ } 19903-2015}{09Г2С-0П-ТО \text{ ГОСТ } 5520-2017}$	Резка – станок плазменной резки с ЧПУ KompaKT fiBe Мех. обработка – угловая шлифмашинка АЕТ5М513-125ХЕ Штамповка – гидравлический пресс Erfurt PKnVT VI 800 FS	6
Люк	09Г2С	Лист $\frac{Б-ПН-0-6 \times 400 \times 1300 \text{ ГОСТ } 19903-2015}{09Г2С-0П-ТО \text{ ГОСТ } 5520-2017}$	Резка – станок плазменной резки с ЧПУ KompaKT fiBe Мех. обработка – угловая шлифмашинка АЕТ5М513-125ХЕ	6

				ПГУ.ВКР.15.03.01.183М04.1012.746			
Исх. №	№ докум.	Дата	Вид	Заказываемые материалы			
Акт	Контракт			И материалы			
Догов.	Контракт			Догов.	Контракт	Всего	
Счет	Контракт			Конт. 17.07.14 М			
Итого	Контракт			ср. 15.03.14			

а



Средства технологического оснащения

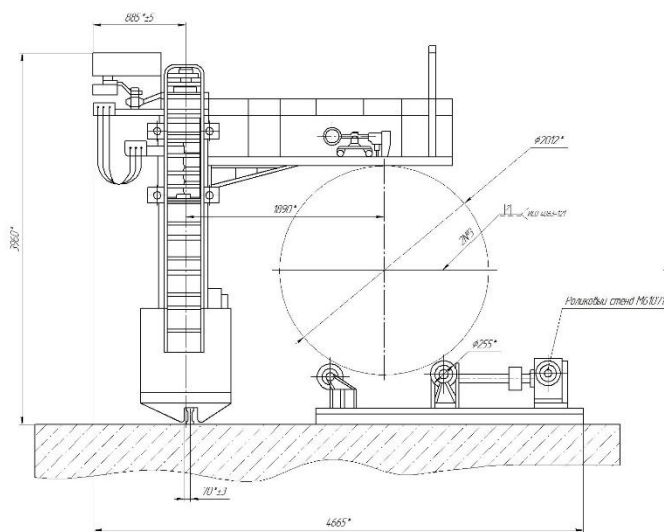
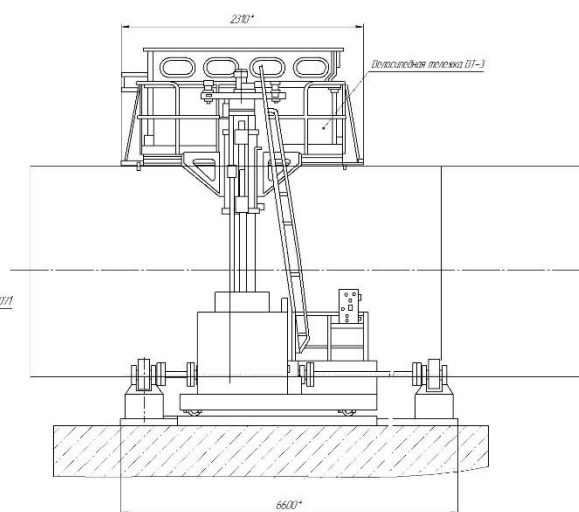


Схема флюсовой подушки для сварки кольцевых швов

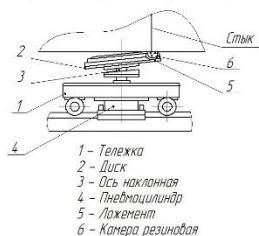
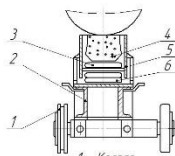


Схема флюсовой подушки для сварки продольных швов



Расчет скорости вращения обечайки:

$$V_{\text{г.б}} = 24 \text{ М} / 4 = 0,4 \text{ М} / \text{МУН}$$

$$V_{CD} = \omega \times R$$

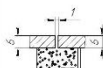
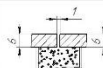
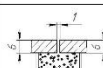
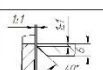
$$\omega = \frac{V_{c0}}{R} = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ рад/мин}$$

Τεχνική χαρακτηριστική

1. Высота уровня сборки	1200
наивысшая	3000
2. Высота концы от оси к концы от оси закрепления	1440
наивысшая	2420
3. Скорость перемещения тележки	
Рабочая/мин	10
Максимальная	15
4. Скорость перемещения перемещения концы/мин	1
Скорость перемещения концы/мин	2

[illegible]

Технологические параметры режимов сварки

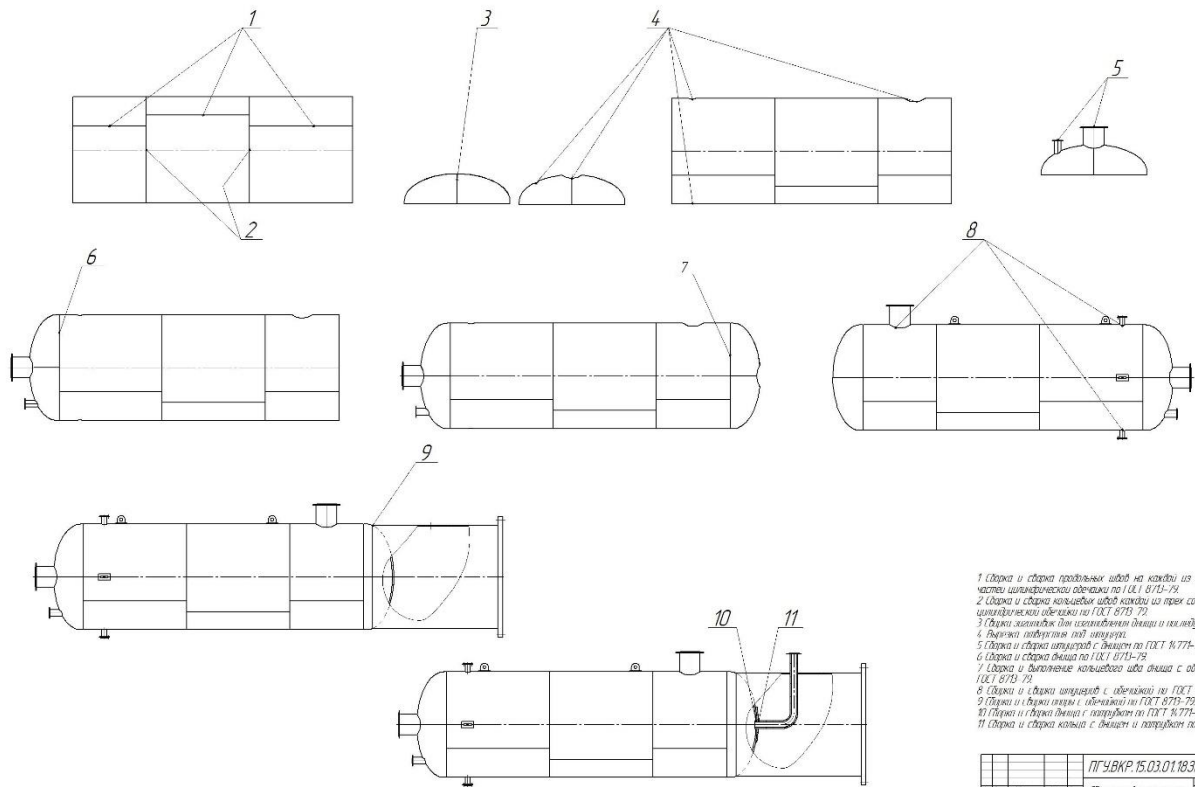
Обозначение шва	Условное обозначение способа сварки	НТД под сварку	Тип подготовки кромок	Порядок выполнения шва	Обозначение прохода	Технические режимы сварки						Марка проволоки электрода	Диаметр проволоки электрода $d_{эл}$, мм	Защитная среда
						Сварочный ток $I_{св}$, А	Напряжение U , В	Скорость сварки $V_{св}$, м/ч	Скорость подачи электродной проволоки $V_{под}$, м/ч	Вылет электрода l , мм	Длина дуги L_d , мм			
1	АФФ	С29 ГОСТ 8713-79			А	470...530	36...38	22...24	160...180	25...30	-	СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70	3,0	Флюс АН-42 ГОСТ 9087-81
					Б									
2	АФФ	С29 ГОСТ 8713-79			А	470...530	36...38	22...24	160...180	25...30	-	СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70	3,0	Флюс АН-42 ГОСТ 9087-81
					Б									
3	АФФ	С29 ГОСТ 8713-79			А	470...530	36...38	22...24	160...180	25...30	-	СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70	3,0	Флюс АН-42 ГОСТ 9087-81
					Б									
4	УП	У6 ГОСТ 14771-76			А	180...220	23...25	22...25	85...95	15...20	10...15	СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70	1,6	Уленистый 203 1-20 сорта ГОСТ 8050-85
5	УП	Н1 ГОСТ 14771-76			А	180...220	23...25	22...25	85...95	15...20	10...15	СВ-08Г2С ГОСТ 2246-70	1,6	Уленистый 203 1-20 сорта ГОСТ 8050-85

ПЧ 2.15.03.01.012.000 Т41									
Исполн.	М.В.Смирнов	НД	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ
Провер.	И.И.Иванов	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ
Дир.	С.В.Смирнов	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ
Исполн.	И.И.Иванов	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ
Провер.	И.И.Иванов	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ
Дир.	С.В.Смирнов	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ	ИЗ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

Сборка и сварка аппарата



- 1 Сборка и сварка продольных швов на кантованном из трех составных частей цилиндрического аппарата по ГОСТ 8713-79.
- 2 Сборка и сварка кольцевых швов кантованного из трех составных частей цилиндрического аппарата по ГОСТ 8713-79.
- 3 Проверка заготовок для изготовления фланцев и комплектующих элементов.
- 4 Проверка готовности к сварке.
- 5 Сборка и сварка аппарата с фланцами по ГОСТ 8774-76.
- 6 Сборка и сварка фланца по ГОСТ 8713-79.
- 7 Проверка и выполнение контрольного шва фланца с односторонним по ГОСТ 8713-79.
- 8 Проверка и сварка аппаратов с фланцами по ГОСТ 8774-76.
- 9 Проверка и сварка аппаратов с фланцами по ГОСТ 8713-79.
- 10 Проверка и сварка фланца с кантованием по ГОСТ 8774-76.
- 11 Проверка и сварка кантованного шва фланца с кантованием по ГОСТ 8774-76.

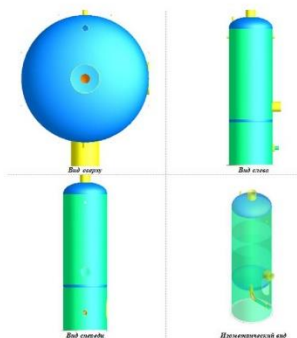
ПЧ.ВКР.15.03.01.183М04.1012.744			
Исполн.	М.В.В.В.В.	Дата	10.12.74
Провер.	М.В.В.В.В.	Дата	10.12.74
Дир.	М.В.В.В.В.	Дата	10.12.74
Зам.дир.	М.В.В.В.В.	Дата	10.12.74
Инженер	М.В.В.В.В.	Дата	10.12.74
Свар.	М.В.В.В.В.	Дата	10.12.74

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

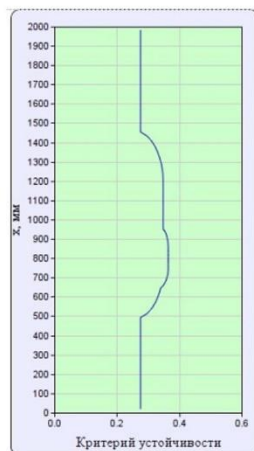
ПЧ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ

Расчёт на прочность и работоспособность элемента конструкции абсорбера в программе ПАССАТ

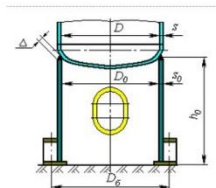
Одцышў буд апарата



Расчет опорной обечайки 34233.9-2017



Опора колонного аппарата



Устойчивость опорной обечайки в напряженном сечении:

$$\frac{F}{\psi_1 \times [F]} + \frac{M \times F \times \psi_2 \times D_2}{\psi_2 \times [M]} = \frac{183,01}{-0,89142 \times 674,6} + \frac{1,3278 + 183,01 \times 0,048246 \times 2000}{0,83359 \times 383,91} = 0,36366$$

$$\frac{F}{\psi_1 \times [F]} + \frac{M + F \times \psi_3 \times D_2}{\psi_2 \times [M]} \leq 1.0$$

$$\frac{1}{\pi \times 0_{ij} \times \Delta} \times \left(\frac{4 \times M}{0_{ij}} + F \right) \leq 0,8 \times \min\{[\sigma]_i, [\sigma]_k\}$$

Условие устойчивости выполнено

Условие прочности выполнено

Исходные данные для расчета

Рабочая среда	Парогазовая смесь с содержанием H_2S до 50% H_2O до 45% масс
Коэффициент заполнения аппарата	1,0
Плотность среды	1035 кг/м ³
Виды испытаний	Гидравлический
Давление испытаний	0,24 МПа

				ПГУВКР.15.03.01.183М041 012.Т45			
				Расчет элемента конструкции			
Мат. №	В. №	Год	Лист	Изм.	Изм.	Изм.	Изм.
Проект	Проект	Год	Лист				
Техн.	Техн.	Год	Лист				
Изм.	Изм.	Год	Лист				
Изм.	Изм.	Год	Лист				



119

ПГУ.ВКР.15.03.01.183М04.1 012

Лист 1

Стр. 1

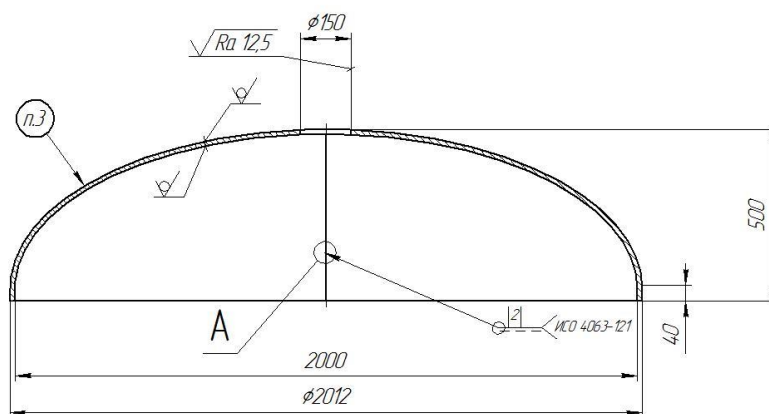
Лист 1

Лист 1

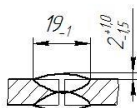
Лист 1

Лист 1

Лист 1



A(1:1)



- *Размеры для справок.
- Общие допуски по ГОСТ 30893.2-ПК.
- Маркировать обозначение чертежа и клеймить клеймо ОТК краской шрифтом 10Пр.3 ГОСТ 26.020-80.

ПГУ.ВКР.15.03.01.183М04.1 012				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.	Удальцов А.В.			
Проект.	Крыков Д.Б.			
Техн. контр.	Крыков Д.Б.			
Исполн.	Харин А.В.			
Электр.	Резен А.Е.			
Днище			Лит.	Масштаб
			1:10	
Б-ПН-0-6 ГОСТ 19903-74			Лист	Листов
Лист 345-09Г2С-сб-6 ГОСТ 19281-2014			1	1
Кафедра С/П и М			гр.18.3М04.1	
Копировать			Формат А3	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.183М0.012.ПЗ

Методы контроля сварных швов и КСС

Номер сварного шва		1	2	3	4	5
Эскиз сварного шва						
Обозначение сварного шва		C29 ГОСТ 8713-79	C29 ГОСТ 8713-79	C29 ГОСТ 8713-79	У4 ГОСТ 14771-76	H1 ГОСТ 14771-76
Методы контроля	Визуальный и измерительный контроль, 100%	+	+	+	+	+
	Ультразвуковой, 100%	+	+	+	-	-
	Гидравлический, 100%	+	+	+	+	-
	Цвета́ная дефектоскопия, 100%	-	-	-	+	+
	Статическое растяжение	+	+	+	-	-
	Ударный изгиб	+	+	+	-	-
	Статический изгиб	+	+	+	-	-

[illegible]