

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет

Кафедра

промышленных технологий,
электроэнергетики и транспорта
(наименование)

«Сварочное, литейное производство
и материаловедение»
(наименование)

Направление подготовки

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование)

Профиль

«Оборудование и технология
сварочного производства»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

«Разработка технологического процесса сборки и сварки корпуса
воздухосборника В-50»

Студент

Сухачев 26.06.23
(подпись, дата)

Сухачев Андрей Вячеславович
(фио полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент

Д.Б. 26.06.23
(подпись, дата)

Крюков Д.Б.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

А.В. 26.06.23
(подпись, дата)

Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 07.06.2023 № 10)

Заведующий кафедрой

О.Н. 27.06.23
(подпись, дата)

Логинов О.Н.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой «отлично» (протокол заседания ГЭК от 28.06.2023 № 4)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

М.С. 28.06.2023
(подпись, дата)

Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2023

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
И ТРАНСПОРТА

Кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой СЛПИМ

к.т.н., доцент О.Н. Логинов


подпись

« 30 » 12 2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студента гр. 19МО1 ФПТЭТ Политехнического института ПГУ, очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Сухачев Андрей Вячеславович

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

Время выполнения ВКР: с 30.12.2022 г. по 28.06.2023 г.

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

Тема работы: Разработка технологического процесса сборки и сварки корпуса воздухоборника В50

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 1174/О от 30.12.22 г.

Техническое задание на работу (назначение изделия, технология сборки и сварки): Разработать технологию сборки и сварки корпуса воздухоборника В50:
– уровнемерная колонка предназначен для установки в нее приборов измерения уровня;

– рабочее давление 0,7 МПа;

– установка на открытом воздухе;

– температура окружающей среды от минус 40 до плюс 30 °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;

- 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 воздухоборника 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 воздухоборника В-50	1л А1;
- Детализовки	1л А1;
- Технологические параметры режимов сварки	1л А1;
- Схема сборки и сварки аппарата	1л А1;
- Средства технологического оснащения	1л А1;
- Методы контроля качества	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. Прыщак - 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. Прыщак - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2010. - 276 с.

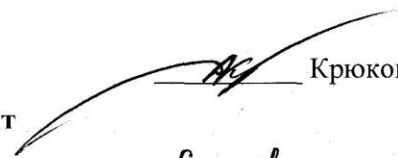
Руководитель ВКР:

к.т.н., доцент

Задание к исполнению принял студент

гр. 19МОС1

30 декабря 2022 г.

 Крюков Д.Б.

 Сухачев А.В.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

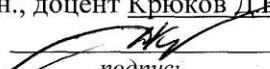
Декан факультет промышленных технологий

электроэнергетики и транспорта ИУ

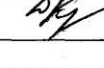
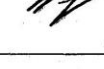
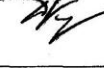
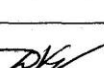
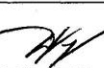


 С.Ю. Киреев

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
« 30 » сентября 2022 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
на выпускную квалификационную работу
Студенту гр. 19МО1 ФПТЭТ Политехнического института ПГУ, очной формы
обучения по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Сухачеву Андрею Вячеславовичу
Тема работы: Разработка технологического процесса сборки и сварки
корпуса воздухоборника В50

Наименование этапа работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении
	начало	окончание	
1. Получение задания, его уяснение, беседа с руководителем. Подготовка к выполнению ВКР.	30.12.22	15.02.23	
2. Подбор и изучение рекомендованной литературы.	16.02.23	28.02.23	
3. Изучение объекта исследования, постановка цели и задачи работы. Написание введения.	01.03.23	12.03.23	
4. Проведение патентного обзора. Выбор основных нормативно-технических документов.	13.03.23	19.03.23	
5. Проектирование и расчет элементов конструкции изделия. Оформление соответствующего раздела.	20.03.23	31.03.23	
6. Разработка технологии сборки и сварки изделия. Контроль качества сварных соединений. Оформление соответствующих разделов.	01.04.22	16.04.23	
7. Завершение оформления пояснительной записки, схем и рисунков.	17.04.23	15.05.23	
8. Представление завершенной ВКР нормоконтролеру.	16.05.23	23.05.23	

9. Представление ВКР руководителю на просмотр и проверку на плагиат.	24.05.23	28.05.23	
10. Предварительная защита ВКР	29.05.23	29.05.23	
11. Полное завершение всех работ и представление зав. кафедрой на подпись пояснительной записки (совместно с графической частью, протоколом проверки на плагиат и отзывом руководителя)	30.06.23	25.06.23	
12. Защита выпускной квалификационной работы	28.06.23	28.06.23	

Прохождение каждого этапа подготовки ВКР подтверждается подписью руководителя.

Студент учебной группы 19МОС1 Сушачев Сушачев А.В.
 "30" сентября 2023 г.

ФГБОУ ВО ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**ОТЗЫВ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ
РАБОТУ СТУДЕНТА**

Сухачева Андрея Вячеславовича

Тема работы:

**"Разработка технологического процесса сборки и сварки
корпуса воздухоборника В-50"**

Выпускная квалификационная работа Сухачева А.В. состоит из расчетно-пояснительной записки и содержит 85 страниц, 12 рисунков, 14 таблиц, 23 использованных источников, 2 приложения и графической части, представленной на 6-ти листах формата А1. Выпускная квалификационная работа Сухачева А.В. выполнена в соответствии с заданием.

В соответствии с заданием на выпускную квалификационную работу в расчетно-пояснительной записке Сухачева А.В. представлены следующие разделы: аннотация, введение, патентный поиск, анализ объекта производства, назначение конструкции и технические требования, обоснование выбора основных материалов сварной конструкции, расчет и проектирование сварной конструкции, выбор способа сварки, обоснование выбора сварочных материалов, расчет параметров режимов сварки, техника и технология сварки конструкции, контроль качества сварных соединений.

В графической части выпускной квалификационной работы представлены: чертеж общего вида изделия; чертежи деталей изделия, схема сборки и сварки изделия; технологические параметры режимов сварки, средства технологического оснащения, контроль качества сварных соединений.

Во время подготовки выпускной квалификационной работы Сухачев А.В. проводил свою работу в соответствии с календарным графиком. При выполнении работы Сухачев А.В. проявил творческую самостоятельность и высокие инженерно-технические знания, зарекомендовал себя с положитель-

ной стороны. Работа проводилась планомерно, в требуемом объеме, возникающие по работе замечания исправлялись в срок и на высоком качественном уровне.

При работе над конструкторской и технологической частями работы Сухачев А.В. зарекомендовал себя как будущий специалист в области сварочного производства, обладающий высокой квалификацией и профессиональными навыками, умеющий на высоком качественном уровне самостоятельно решать сложные конструкторские и технологические задачи в области сварочного производства, использовать техническую и нормативную документацию.

При оформлении расчетно-пояснительной записки и графической части выпускной квалификационной работы Сухачев А.В. показал хорошие знания в области соблюдения требований ЕСКД применительно к технологической документации и оформлению чертежей.

Выпускная квалификационная работа Сухачева А.В. на тему: «Разработка технологического процесса сборки и сварки корпуса воздухоборника В-50» соответствует всем предъявляемым требованиям.

Считаю, что Сухачев А.В. заслуживает присвоения квалификации бакалавра по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», по профилю «Оборудование и технология сварочного производства».

Руководитель ВКР

к.т.н., доцент каф. "Сварочное, литейное
производство и материаловедение" ПГУ



Крюков Д.Б.

Ректору Пензенского
государственного университета
А.Д. Гулякову
студента 4 курса Факультета
промышленных технологий,
электроэнергетики и транспорта
Сухачева Андрея Вячеславовича
(фамилия, имя, отчество)

ЗАЯВЛЕНИЕ

Я, Сухачев Андрей Вячеславович, студент 4 курса ФПТЭТ направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиля подготовки «Оборудование и технология сварочного производства», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат» выпускной квалификационной работы на тему: «Разработка технологического процесса сборки и сварки корпуса воздухосборника В50», 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.

Сухачев

(подпись студента)

28.06.23

(дата)

ВКР представлена на проверку 28.06.23

Руководитель ВКР

Подпись

Д.Б. Крюков

И.О.Фамилия

Протокол

проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ» выпускной квалификационной работы на тему «Разработка технологического процесса сборки и сварки корпуса воздухоборника В-50» студента 4 курса Сухачева Андрея Вячеславовича направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиля подготовки «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 Сухачева Андрея Вячеславовича составляет 56,21 % оригинальности, что соответствует существующим требованиям стандарта СТО ПГУ 3.12-2018. Выпускная квалификационная работа может быть рекомендована к защите.



СПРАВКА

Пензенский государственный университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Сухачев А.В.
Самоцитирование
рассчитано для: Сухачев А.В.
Название работы: ВКР_Сухачев
Тип работы: Выпускная квалификационная работа
Подразделение: каф. "Сварочное, литейное производство и материаловедение" ПГУ

РЕЗУЛЬТАТЫ

■ ОТЧЕТ О ПРОВЕРКЕ КОРРЕКТИРОВАЛСЯ: НИЖЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ ДО КОРРЕКТИРОВКИ

СОВПАДЕНИЯ	35.85%	СОВПАДЕНИЯ	35.85%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	56.21%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	56.21%
ЦИТИРОВАНИЯ	7.93%	ЦИТИРОВАНИЯ	7.93%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 28.06.2023

ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 28.06.2023 14:28

Структура
документа:
Модули поиска:

Проверенные разделы: основная часть с.4-73, 76

ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс*; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Переводные заимствования издательства Wiley; eLIBRARY.RU; СПС ГАРАНТ: аналитика; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; IEEE; Медицина; Диссертации НББ; Коллекция НБУ; Перефразирование по eLIBRARY.RU; Перефразирование по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирование по Интернету; Перефразирование по Интернету (EN); Перефразированные

Руководитель ВКР / Д.Б. Крюков /

подпись

И.О. Фамилия

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит: 85 страниц, 12 рисунков, 14 таблиц, 23 использованных источника, 2 приложения. Графическая часть из 6 листов формата А1.

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

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки корпуса воздухоборника из стали 09Г2С в соответствии с НТД. В выпускной работе были выполнены задачи:

- а) провести анализ объекта производства, определить назначение и технические требования конструкции;
- б) произвести выбор основных материалов сварочной конструкции;
- в) расчет и проектирование сварной конструкции;
- г) произвести выбор способов сварки;
- д) выбрать технику и технологию сварки изделия с выбором материалов;
- е) выбраны режимы сварки с последующим выбором оборудования и средств технологического оснащения;
- ж) назначить методы контроля качества сварных соединений.

					<i>ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107</i>										
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>											
<i>Разраб.</i>		<i>Сухачев А.В.</i>			<i>Разработка технологического процесса сборки и сварки корпуса воздухоборника В-50</i>										
<i>Провер.</i>		<i>Крюков Д.Б.</i>									<i>Лит.</i>		<i>Лист</i>		<i>Листов</i>
<i>Реценз</i>													<i>2</i>		<i>85</i>
<i>Н. Контр.</i>		<i>Харин А.В.</i>									<i>Каф. СЛПИМ, гр. 19М01</i>				
<i>Утверд.</i>		<i>Логинов О.Н.</i>													

Содержание

Введение.....	4
1 Патентный обзор	6
2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и технические требования.....	9
3 Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции	13
4 Расчет и проектирование сварной конструкции	16
5 Выбор способов сварки	32
6 Обоснование выбора сварочных материалов.....	35
7 Расчет режимов сварки.....	39
8 Выбор сварочного оборудования и технологической оснастки.....	60
9 Контроль качества сварных соединений	68
Заключение	72
Список используемых источников.....	73
Приложение А Карты технологического процесса сварки.....	76
Приложение Б Графическая часть.....	85

Введение

На сегодняшний день технический прогресс в промышленности и строительстве неразрывно связан с совершенствованием сварочного производства. Перспективы сварки, как в научном, так и в техническом плане практически безграничны.

Сварка – такой же необходимый технологический процесс, как и обработка металлов резанием, прокатка, штамповка,ковка. Большие технологические возможности сварки обеспечили ее широкое применение при изготовлении и ремонте судов, автомобилей, самолетов, космических аппаратов, турбин, котлов, сосудов, реакторов, и других конструкций.

Сварка как высокопроизводительный процесс получения неразъемных соединений находит широкое применение при изготовлении, химического и энергического оборудования, машиностроительных и строительных конструкций. В настоящее время сварка проводится не только на земле, но и под водой, а так же в открытом космическом пространстве.

Сварочное производство занимает обширную область в производственных технологиях любой отрасли. Сварочные технологии применяются как при изготовлении новых изделий, так и при проведении ремонтных и восстановительных работ, реконструкции и демонтаже металлоконструкций.

Преимущества процессов сварки по сравнению с другими способами соединения металлов состоят в следующем:

- в сварных соединениях отсутствует ослабление металла отверстиями, которые необходимы в клепаных соединениях;

В выпускной 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.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

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

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Патентный обзор

Патентный обзор представляет собой систематический анализ имеющихся патентов для определения технических решений, которые используются в определенной области. Патентный обзор позволяет исследователям и инженерам анализировать патенты и производственные секреты, что позволяет им лучше понимать текущую технологическую ситуацию в определенной области.

В данной в данной выпускной квалификационной работе рассматривается, технологический процесс сборки и сварки в заводских условиях корпуса воздухосборника В-50-0.7 из стали 09Г2С.

Патентное исследование проводится в следующем порядке:

- разработку задания на проведение патентного поиска;
- разработку регламента поиска информации;
- поиск и отбор патентной информации;
- систематизацию и анализ отобранной информации;
- обобщение результатов и составление отчета о патентном поиске.

Целью данного патентного исследования является исследование технического уровня и тенденции развития оборудования для сборки и сварки корпуса воздухосборника В-50-0.7 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 – 9.04.2023.

Объект поиска – устройства для сварки обечаек.

Начало поиска – 10.04.2023.

Завершение поиска – 24.05.2023.

Страны поиска – Россия.

Ретроспективность – 11 лет.

В результате проведения поиска было выявлено некоторое количество

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

объектов изобретений по направлению:

а) *B23K 37, 00B23K 101/04* – Регулируемая скоба для сборки по кольцевым стыкам обечаек друг с другом и обечайки с днищем;

б) *B23K 37/04, B23P 19/10* – Установка для совмещения обечайки с обечайкой и обечайки с днищем;

в) *B23K 37/053, B23K 37/06* – Разжимное пневматическое кольцо для сварки кольцевых швов сосудов;

г) *B21D 51/24* – Способ изготовления тонкостенных сосудов высокого давления и устройство для его осуществления.

Для проведения дальнейшего анализа были отобраны описания изобретений, представляющих собой полуавтоматические установки применяемых для сборки емкостных аппаратов и способ изготовления сварных сосудов высокого давления. Результаты проведенного поиска отображены в таблице 1.

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)
Сборка и сварка швов обечайки	Россия, RU 133454 U1, B23K 37,00B23K 101/04	Абрамов Борис Николаевич, Россия, 2013111369, 2013.10.20.	Регулируемая скоба для сборки по кольцевым стыкам обечаек друг с другом и обечайки с днищем [1]
Сборка и сварка швов обечайки	Россия, RU 2015 131 974 A, B23K 37/04, B23P 19/10	Публичное акционерное общество "Татнефть" им. В.Д. Шашина, Россия,	Установка для совмещения обечайки с обечайкой и обечайки с днищем

		2015131974, 2017.02.03	[2]
Технология сборки емкостного оборудования	Россия, RU 211612 U1, B23K 37/053, B23K 37/06	Кокорин Игорь Юрьевич, Колосунин Артём Александрович Мокеров, Максим Валерьевич, Ярославцев Евгений Васильевич, Россия, 2021139892, 2022.06.15	Разжимное пневматическое кольцо для сварки кольцевых швов сосудов [3]
Технология сборки емкостного оборудования	Россия, RU 2 465 090 C1, B21D 51/24	Макаровец Николай Александрович Кобылин Рудольф Анатольевич Белов Алексей Евгеньевич Собкалов Владимир Тимофеевич Хитрый Александр Андреевич Лукьянцева Галина Николаевна Анненков Дмитрий Викторович, Россия, 2011123385, 2012.10.27	Способ изготовления тонкостенных сосудов высокого давления и устройство для его осуществления [4]

2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и технические требования

Объектом выпускной работы является разработка корпуса Воздухосборника В-50-0,7. Воздухосборник В-50-0,7 представляет собой цилиндрический, вертикальный сосуд объемом 50 м³, представленный на рисунке 1

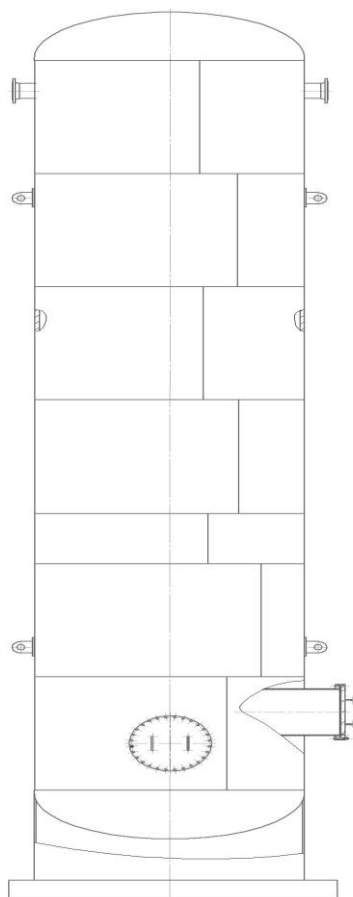


Рисунок 1 – Воздухосборник

Предназначение воздухосборника В-50-0,7 - это сглаживание пульсаций сжатого воздуха и выравнивания давления в системе при работе компрессоров с избыточным давлением менее 0,7 МПа, а так же используется в целях создания запаса воздуха, сбора конденсата и охлаждения.

Данная конструкция проектируется в соответствии с федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

9

используется оборудование, работающее под избыточным давлением, ГОСТ 34347-2017 [5],

Аппарат эксплуатируется в неотапливаемом помещении, при диапазоне температур от минус 43 до плюс 180 °С, рабочей средой является сжатый воздух. Основным материалом, из которого изготавливается воздухосборник, является сталь марки 09Г2С, которая обычно применяется для ответственных листовых сварных конструкций, работающих под давлением при температурах от минус 70 до плюс 450 °С. Расчетный срок службы 10 лет. Число циклов нагружения за весь срок службы не более 1000.

Согласно ГОСТ 34347-2017 конструкция сосудов должна быть технологичной, надежной в течение установленного в технической документации срока службы, должна обеспечивать безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации, предусматривать возможность визуального и измерительного контроля (в том числе внутренней поверхности), очистки, промывки, полного опорожнения, продувки и ремонта, контроля технического состояния сосуда при диагностировании, а также контроля за отсутствием давления и отбора среды перед открытием сосуда.

Согласно ГОСТ 34347-2017 воздухосборник относится к 3 группе сосудов.

При проектировании сосудов необходимо учитывать технические требования к перевозке грузов транспортом, обеспечивающим доставку, целостность и сохранность сосуда к месту эксплуатации.

Основные размеры эллиптических днищ должны соответствовать ГОСТ 6533 [6]. Допускаются другие базовые диаметры эллиптических днищ при условии, что высота выпуклой части не менее 0,25 внутреннего диаметра днища.

Сосуды должны быть снабжены люками или смотровыми лючками, обеспечивающими осмотр, очистку, безопасность работ по защите от коррозии, монтаж и демонтаж разборных внутренних устройств, ремонт и контроль

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

сосудов. Количество люков и лючков определяет разработчик сосуда. Люки и лючки необходимо располагать в доступных для пользования местах.

Согласно ГОСТ 34347-2017 [5] цилиндрические и конические опоры из углеродистых и низколегированных сталей допускается применять для сосудов из коррозионностойкой стали при условии, что приварку опоры к сосуду проводят с использованием промежуточной обечайки из коррозионно-стойкой стали.

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

ГОСТ 34347-2017 регламентирует использование маркировки, консервации и окраски.

Сосуды должны иметь табличку, соответствующую требованиям ГОСТ 12971.

Качество и цвет маркировки должны соответствовать требованиям ГОСТ 26828.

Шрифт маркировки по ГОСТ 26.020 для плоской печати и по ГОСТ 26.008 для ударного способа.

Маркировка отгрузочных мест – по ГОСТ 14192.

Консервации и окраске подлежат сосуды, принятые отделом технического контроля.

Консервацию металлических неокрашенных поверхностей сосудов, поставляемых в полностью собранном виде, а также негабаритных поставочных частей, комплектующих деталей и сборочных единиц, входящих в объем поставки, необходимо проводить в соответствии с требованиями ГОСТ 9.014, и она должна обеспечивать защиту от коррозии при транспортировании, хранении и монтаже в течение не менее 24 месяцев со дня отгрузки с предприятия-изготовителя.

Консервацию сосудов необходимо проводить по технологии предприятия-изготовителя с учетом условий транспортирования и хранения по ГОСТ 9.014.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Свидетельство прикладывают к паспорту сосуда, подвергнутого консервации. При этом необходимо применять обозначения в соответствии с ГОСТ 9.014.

Поверхность сосуда (сборочной единицы) перед окраской должна быть подготовлена с учетом требований ГОСТ 9.402 по инструкции предприятия-изготовителя.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19M0107	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции

Выбор материала для сварной конструкции является одним из самых важных и первостепенных вопросов. От выбранного материала будет зависеть работоспособность конструкции, ее надежность и себестоимость. Стоимость изделия во многом будет зависеть от используемой стали. Основное предпочтение при проектировании сварных конструкций отдается цветным и конструкционным сталям. При выборе материала следует учитывать эксплуатационные свойства, такие как: диапазон рабочих температур, рабочее давление, наименование и состав рабочей и окружающей среды. Выбор основного материала для сварных сосудов и их элементов производим в соответствии с ГОСТ 34347-2017. Выбираем 09Г2С ГОСТ 5520–2017 [7], так как разрабатываемый нами аппарат будет работать при температуре минус 43°C. Массовая доля элементов стали 09Г2С ГОСТ 5520–2017 [7] представлена в таблице 2, а механические свойства в таблице 3.

Таблица 2 – Массовая доля элементов стали 09Г2С ГОСТ19281-2014 в %

Элемент	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Fe
Содержание, %	До 0,12	0,5... 0,8	1,3... 1,7	До 0,025	До 0,035	До 0,3	До 0,3	До 0,3	До 0,08	До 0,05	96,0 ... 97,0

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

Марка стали	Механические свойства, не менее		
	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
09Г2С	345	490...640	21

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.

Свариваемость основного металла по его влиянию на состав и свойства металла шва, а также по его сопротивляемости образованию холодных трещин можно приближенно оценить, исходя из химического состава основного металла низколегированной стали, на ее сопротивляемость образования трещин при сварке принято выражать посредством эквивалента углерода.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Эквивалент углерода рассчитывается по формуле:

$$C_3 = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cu}{13} + \frac{V}{14} + \frac{P}{2}$$

где C_3 – эквивалент углерода, %;

C – содержание углерода, %;

Mn – содержание марганца, %;

Si – содержание кремния, %;

Cr – содержание хрома, %;

Ni – содержание никеля, %;

Cu – содержание меди, %;

V – содержание ванадия, %;

P – содержание серы, %.

Подставляем известные значения в формулу:

$$C_3 = 0,06 + \frac{1,3}{6} + \frac{0,5}{24} + \frac{0,15}{5} + \frac{0,15}{40} + \frac{0,15}{13} + \frac{0,03}{14} + \frac{0,15}{2} = 0,35$$

Так как $C_3 = 0,35$, то сталь 09Г2С имеет удовлетворительную свариваемость.

4. Расчет и проектирование сварной конструкции

Проектируемый в курсовой работе корпус воздухоборника представлен на рисунке 2.

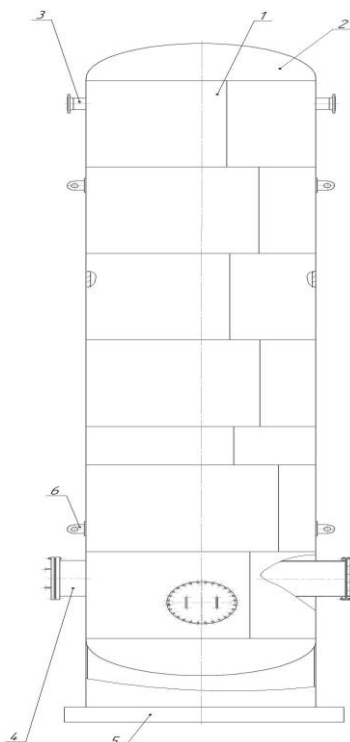


Рисунок 2 – Корпус воздухоборника: 1 – обечайка, 2 – эллиптические днища, 3 – штуцер, 4 – люк, 5 – опора, 6 – ушко транспортировочное.

По ГОСТ 34233.1-2017 [5] определяем расчетное давление. Расчетным давлением в рабочих условиях для элементов сосудов и аппаратов следует понимать давление, на которое проводится 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. В соответствии с ГОСТ 9931–85 [8] для воздухоборника номинальным объемом 50 м³ назначаем внутренний диаметр обечайки равный 2400 мм, общую длину

обечайки 9700 мм, а длина с учетом двух эллиптических днищ будет равна 10980 мм.

Определяем допускаемое напряжение для стали 09Г2С по формуле:

$$[\sigma] = [\sigma]_1 + \frac{[\sigma]_2 - [\sigma]_1}{t_2 - t_1} \cdot (t - t_1), \quad (4.1)$$

где $[\sigma]_1, [\sigma]_2$ – допускаемые напряжения при расчетной температуре, МПа;
 t – расчетная температура стенки элемента сосуда, °С;

На основании технических характеристик воздухоборника, принимаем расчетную температуру стенки плюс 180 °С.

$$[\sigma] = 171 + \frac{165 - 171}{200 - 150} \cdot (180 - 150) = 167,4 \text{ МПа}$$

В соответствии с ГОСТ 34233.1–2017 под расчетным давлением в рабочих условиях для элементов сосудов следует понимать давление, на которое проводят расчет на прочность. Под пробным давлением в сосуде следует понимать давление, при котором проводят испытание сосуда.

Давление в сосуде во время действия предохранительного клапана определяем по формуле:

$$P_k = 1,15 \cdot P_{\text{раб}}, \quad (4.2)$$

где P_k – давление в сосуде во время действия предохранительного клапана, МПа;

$P_{\text{раб}}$ – рабочее давление в сосуде, МПа.

$$P_k = 1,15 \cdot 0,7 = 0,805 \text{ МПа}$$

Давление в сосуде, учитывающее кратковременное повышение его при срабатывании предохранительного клапана, без учета гидростатического давления определяем по формуле:

$$P_p = 0,9 \cdot P_k, \quad (4.3)$$

где P_p – давление в сосуде, учитывающее кратковременное повышение его при срабатывании предохранительного клапана, МПа.

$$P_p = 0,9 \cdot 0,805 = 0,725 \text{ МПа}$$

Согласно ГОСТ 34233.1–2017, если на элементы сосуда действует гидростатическое давление, составляющее 5 % или более от рабочего давления, то расчетное давление повышают на величину гидростатического давления по условию:

$$P_r > 0,05 \cdot P_{\text{раб}}, \quad (4.4)$$

где P_r – гидростатическое давление среды, действующей на элементы сосуда, МПа.

$$0,05 \cdot P_p = 0,05 \cdot 0,7 = 0,035 \text{ МПа}$$

Расчетное внутреннее давление определяется по формуле:

$$P_{\text{рас}} = P_p + P_r, \quad (4.5)$$

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

$$P_r = \rho_c \cdot g_n \cdot H_c \cdot 10^{-6}, \quad (4.6)$$

где ρ_c – плотность рабочей среды в аппарате, кг/м³;

g_n – ускорение свободного падения, м/с²;

H_c – высота среды в аппарате, м.

Принимаем $\rho_c = 1200 \text{ кг/м}^3$, $g_n = 9,81 \text{ м/с}^2$ и $H_c = 10,88 \text{ м}$.

$$P_r = 1200 \cdot 9,81 \cdot 10,88 \cdot 10^{-6} = 0,13 \text{ МПа}$$

Так как $0,13 \text{ МПа} > 0,035 \text{ МПа}$, то по условию расчетное давление повышают на величину гидростатического давления по формуле:

$$P_{\text{рас}} = 0,725 + 0,13 = 0,855 \text{ МПа}$$

Пробное давление в сосуда определяется по формуле:

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P_{\text{рас}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (4.7)$$

где $P_{\text{пр}}$ – пробное давление в сосуда, МПа;

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

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала сосуда при температуре, МПа.

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 0,855 \cdot \frac{196}{167,4} = 1,25 \text{ МПа}$$

Под расчетным давлением в условиях испытаний для элементов сосудов следует принимать давление, которому они подвергаются во время пробного испытания, включая гидростатическое давление. Гидростатическое давление от среды, содержащейся в сосуде, учитывают при назначении расчетного давления для элемента сосуда в случае, если оно равно или более 5 % пробного давления по условию:

$$P_{\text{г воды}} \geq 0,05 \cdot P_{\text{пр}}, \quad (4.8)$$

где $P_{\text{г воды}}$ – гидростатическое давление воды, МПа.

В условиях испытаний расчетное давление определяется по формуле:

$$P_{\text{и}} = \rho_{\text{в}} \cdot g_{\text{п}} \cdot H \cdot 10^{-6} \quad (4.9)$$

где $P_{\text{и}}$ – расчетное давление в условиях испытаний, МПа

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды, кг/м³;

H – высота среды в аппарате, м.

Принимаем $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$, $g_{\text{п}} = 9,81 \text{ м/с}^2$ и $H = 6,38 \text{ м}$

$$P_{\text{и}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 10,88 \cdot 10^{-6} = 0,1067 \text{ МПа}$$

Определяем гидростатическое давление воды по условию 4.3.

$$P_{\text{г}} = 0,05 \cdot P_{\text{пр}} = 0,05 \cdot 1,25 = 0,063 \text{ МПа}$$

Так как $0,063 < 0,1067 \text{ МПа}$, то расчетное давление в условиях испытаний $P_{\text{и}}$ равно пробному давлению $P_{\text{пр}}$ равно 1,25 МПа.

Проверяем необходимость расчета на прочность в условиях испытаний по формуле [9]:

$$P_{\text{пр}} < 1,35 \cdot P_{\text{рас}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (4.10)$$

$$1,35 \cdot P_{\text{рас}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,855 \cdot \frac{196}{167,4} = 1,35$$

Так как $1,25 \text{ МПа} < 1,35 \text{ МПа}$, то расчет на прочность элементов воздухохоборника проводить не требуется.

Расчетная толщина стенки обечайки воздухоборника определяется по формуле [9]:

$$s = s_p + c, \quad (4.11)$$

где s – расчетная толщина стенки, мм;

s_p – расчетная толщина стенки обечайки, мм;

c – прибавка к расчетной толщине стенки, мм

Расчетную толщину стенки обечайки рассчитываем по формуле [5]:

$$s_p = \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - P}, \quad (4.12)$$

где D – диаметр обечайки, мм;

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

φ_p – коэффициент прочности сварных швов;

P – расчетное внутреннее давление, Мпа.

$$s_p = \frac{0,855 \cdot 2400}{2 \cdot 167,4 \cdot 1 - 0,855} = 6,15 \text{ мм}$$

Прибавка к расчетной толщине стенки определяется по формуле [4]:

$$c_p = c_1 + c_2 + c_3, \quad (4.13)$$

где c_1 – прибавка на компенсацию коррозии, мм;

c_2 – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

c_3 – технологическая прибавка, мм.

Прибавка на компенсацию коррозии определяется по формуле:

$$c_1 = E_1 \cdot \tau, \quad (4.14)$$

Где E_1 – скорость коррозии, мм/год;

τ – срок службы изделия, лет.

Принимаем $E_1 = 0,2$ мм/год и $\tau = 10$ лет.

Определяем прибавку на компенсацию коррозии по формуле 4.14.

$$c_1 = 0,2 \cdot 10 = 2 \text{ мм}$$

Прибавка для компенсации минусового допуска определяется по ГОСТ 19903–2015 и при толщине проката от 3,90 до 5,50 мм составляет $c_2 = 0,8$ мм. Технологическую прибавку принимаем равной $c_3 = 0$ мм.

Определяем прибавку к расчетной толщине стенки по формуле 4.13.

$$c_p = 2 + 0,8 + 0 = 3$$

Подставляем известные значения в формулу 3.11.

$$s = 6,15 + 3 = 9,15$$

Для удобства сборки конструкции, предварительно принимаем толщину стенки обечайки $s = 10$ мм.

Для принятого значения толщины обечайки рассчитаем допускаемое внутреннее избыточное давление по формуле [9]:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p (s - c)}{D + s - c}, \quad (4.15)$$

где $[P]$ – допускаемое внутреннее избыточное давление, МПа.

$$[P] = \frac{2 \cdot 167,4 \cdot 1(10 - 3,2)}{2400 + (10 - 3,2)} = 1,001 \text{ МПа}$$

Условие работоспособности конструкции выражено в формуле:

$$P_{\text{рас}} < [P] \quad (4.16)$$

Так как $0,855 \text{ МПа} < 1,001 \text{ МПа}$, то условие выполняется.

Условие применения расчетных формул выражено в формуле [9]:

$$\frac{S_0 - c_p}{D} < 0,1, \quad (4.17)$$

$$\frac{S_0 - c_p}{D} = \frac{10 - 2,8}{2400} = 0,003$$

Так как $0,003 \leq 0,1$, то условие выполняется.

Для изготовления обечаек и заготовок для днищ применяют заготовки из листового проката по ГОСТ 34233.2–2017 [10]. Для получения заготовок требуемых геометрических размеров и формы проводится резка металла.

Цилиндрический корпус представляет собой конструкцию диаметром 2400 мм, шириной 7600 мм и толщиной 10 мм. Цилиндрический корпус состоит из 7 обечаек: 6 по 1500 мм и 1 по 700 мм

По ГОСТ 34233.2–2017 [10] выбираем заготовку для обечайки длиной 8000 мм, шириной 1550 мм и толщиной 10 мм.

Длину заготовки изделия определяем по формуле:

$$L_3 = \pi \cdot (D + S_o) + 10, \quad (4.18)$$

где L_3 – длина заготовки изделия, мм.

Подставляем известные значения в формулу 3.18.

$$L_3 = 3,14 \cdot (2400 + 10) + 10 = 7577 \text{ мм}$$

Определяем коэффициент использования материала (КИМ), согласно ГОСТ 14.322–83[11] по формуле:

$$\text{КИМ} = \frac{S_{\text{и}}}{S_3}, \quad (4.19)$$

где КИМ – коэффициент использования материала;

$S_{\text{и}}$ – площадь изделия, мм²;

S_3 – площадь заготовки, мм².

Площадь изделия определяем по формуле:

$$S_{\text{и}} = L_3 \cdot b_{\text{об}}, \quad (4.20)$$

где $b_{\text{об}}$ – ширина обечайки, мм.

$$S_{\text{и}} = 7577 \cdot 1500 = 11365500 \text{ мм}^2$$

Площадь заготовки определяем по формуле:

$$S_3 = L_o \cdot b_o, \quad (4.21)$$

где L_o – длина заготовки обечайки, мм;

b_o – ширина заготовки обечайки, мм.

$$S_3 = 8000 \cdot 1550 = 12400000 \text{ мм}^2$$

Определяем коэффициент использования материала по формуле 4.19.

$$\text{КИМ} = \frac{11365500}{12400000} = 0,92$$

По ГОСТ 14.322–83 [9] должно выполняться условие:

$$\text{КИМ} > 0,7. \quad (4.22)$$

С учетом выбора данных размеров листа коэффициент использования материала КИМ равен 0,92, что больше предельного значения 0,7, это сравнение свидетельствует о технологичном выборе заготовки для изготовления обечайки.

Произведем расчет днищ. Днища проектируемой ёмкости имеют эллиптическую форму. Выбор основных геометрических размеров днища проводят в соответствии с ГОСТ 6533–78

На рисунке 3 приведена расчетная схема эллиптических днищ.

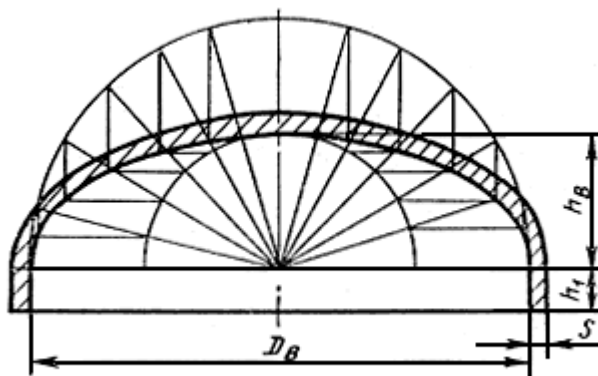


Рисунок 3 – Расчетная схема эллиптических днищ: $D_{в}$ – внутренний диаметр, h_1 – высота отбортовки, $h_{в}$ – высота эллиптической части, S – толщина стенки

Определим толщину эллиптического днища сосуда по формуле в соответствии с ГОСТ 34233.2–2017[5]:

$$s_1 = s_{1p} + c, \quad (4.23)$$

где δ_d – расчетная толщина стенки эллиптического днища, мм.

$$s_{1p} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P}, \quad (4.24)$$

где R – радиус кривизны в вершине днища, мм.

$$s_{1p} = \frac{0,855 \cdot 2400}{2 \cdot 167,4 \cdot 1 - 0,5 \cdot 0,855} = 6,2 \text{ мм}$$

Определяем толщину эллиптического днища сосуда по формуле 4.23.

$$s_1 = 6,2 + 2,8 = 9 \text{ мм}$$

Из имеющегося сортамента по ГОСТ 19903–2015 [12], для эллиптических днищ с высотой эллиптической части h_b , равной $0,25D_b$ и при высоте отбортовки $h_1 = 40$ мм, предварительно принимаем толщину стенки днища $S_d = 10$ мм.

Для принятого значения толщины днища рассчитаем допускаемое внутреннее избыточное давление по формуле [9]:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi (S_d - c_p)}{R + 0,5(S_d - c_p)}, \quad (4.25)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 167,4 \cdot 1(10 - 2,8)}{2400 + 0,5(10 - 2,8)} = 1,003 \text{ МПа}$$

Проверяем условие работоспособности конструкции по формуле 4.16.

Так как $0,855 \text{ МПа} < 1,003 \text{ МПа}$, то условие выполняется.

Условие применения расчетных формул определяется по формуле 3.17.

$$\frac{S_o - c_p}{D} = \frac{10 - 2,8}{2400} = 0,003$$

Так как $0,003 \leq 0,1$, то условие выполняется.

Диаметр исходной заготовки из листа рассчитываем по формуле [9]:

$$D = 2 \sqrt{(D_b + S_d)[h_1 + 0,345 \cdot 1,001 \cdot (D_b + S_d)]}, \quad (4.26)$$

где D_b – внутренний диаметр днища, мм;

S_d – толщина стенки днища, мм;

h_1 – высота отбортовки днища, мм.

$$D = 2 \sqrt{(2400 + 10)[40 + 0,345 \cdot 1,001 \cdot (2400 + 10)]} = 2900 \text{ мм}$$

Размеры заготовки для одного днища 3000×3000 мм, из сортового проката по ГОСТ 19903–2015 [12], для двух днищ выбираем лист размером 6000×3000 мм.

Основные размеры одного эллиптического днища представлена на рисунке 4.

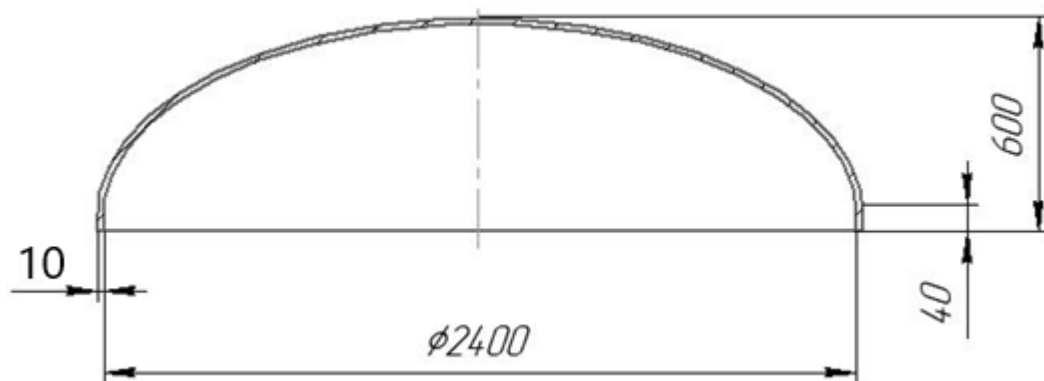


Рисунок 4 – Эллиптическое днище

Коэффициент использования материала для изготовления двух днищ будет определяться по формуле [9]:

$$\text{КИМ} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_d}{2}\right)^2}{S_3}, \quad (4.27)$$

Определяем площадь заготовки по формуле 4.21.

$$S_3 = 6000 \cdot 3000 = 18000000 \text{ мм}^2$$

Определяем коэффициент использования материала по формуле 4.27.

$$\text{КИМ} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot \left(\frac{2900}{2}\right)^2}{18000000} = 0,73$$

По ГОСТ 14.322–83 должно выполняться условие по формуле 4.22.

Проверяем условие технологичности раскроя по формуле 4.22.

С учетом выбора данных размеров листа коэффициент использования материала КИМ равен 0,73, что больше предельного значения 0,7. Данное значение коэффициента свидетельствует о технологичном выборе заготовки для изготовления днищ.

В конструкции воздухохоборника можно выделить три типа сварных соединений:

1. продольные вальцовочные швы обечаек;
2. кольцевые соединения обечаек с днищами;
3. тавровые соединения штуцеров с обечайками;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

25

Согласно ГОСТ 34347-2017 при приварке днищ к обечайкам должны применяться стыковые швы с полным проплавлением. Угловые швы с полным проплавлением допускаются для приварки штуцеров.

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[13] при известной толщине стенок обечайки и днищ показывает, что проплавление корня шва обеспечит двусторонний шов. Этому условию отвечает соединение типа С29. Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного, соединения типа С29 представлена на рисунке 5, геометрические размеры в соответствии с ГОСТ 8713–79.

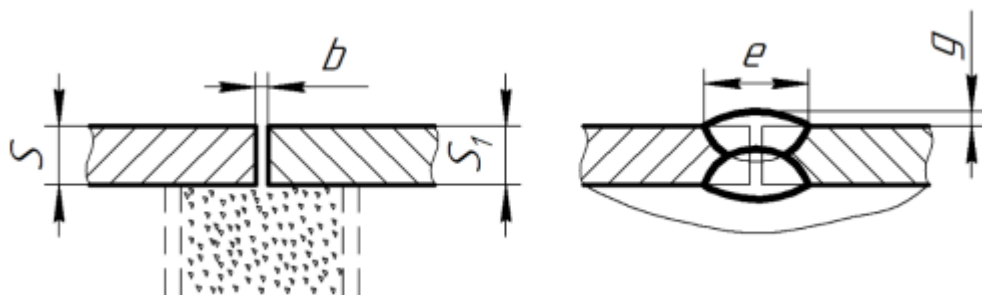


Рисунок 5 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного, соединения типа С29

Проектируемые сварные соединения должны быть проверены на прочность для кольцевых и продольных и напряжение при срезе для угловых.

Проверку прочности сварных соединений днища и обечайки считаем выполненной, если выполняется условие по формуле:

$$\sigma \leq [\sigma], \quad (4.28)$$

где σ – напряжение в сварном соединении, МПа;

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

Напряжение в сварном соединении определяем по формуле [9]:

$$\sigma = \frac{N}{F}, \quad (4.29)$$

где N – продольная нагрузка, растягивающая шов, кН;

F – площадь поперечного сечения сварного шва, мм².

Продольную нагрузку рассчитываем по формуле [14]:

$$N = P_{\text{пр}} \Pi, \quad (4.30)$$

где Π – расчетная площадь поверхности, на которую действует избыточное давление в сосуде, мм².

Площадь поперечного сечения сварного шва рассчитываем по формуле [9]:

$$F = \delta L_{\text{ш}}, \quad (4.31)$$

где $L_{\text{ш}}$ – длина рассчитываемого сварного шва, мм.

При номинальном диаметре 2400 мм согласно ГОСТ 6533 площадь внутренней поверхности $F = 6,54 \text{ м}^2$.

Так как в конструкции ёмкости применяются эллиптические днища, то площадь их внутренней (расчетной) поверхности, на которую действует избыточное давление, определяем по формуле:

$$\Pi = F, \quad (4.32)$$

Определяем расчетную площадь поверхности по формуле 4.32.

$$\Pi = 6540000 \text{ мм}^2$$

Определяем продольную нагрузку по формуле 4.30.

$$N = 0,855 \cdot 6540000 = 5592 \text{ кН}$$

Длину рассчитываемого сварного шва определяем по формуле [9]:

$$L_{\text{ш}} = \pi D - 10, \quad (4.33)$$

где D – внутренний диаметр обечайки, мм.

$$L_{\text{ш}} = 3,14 \cdot 2400 - 10 = 7626 \text{ мм}$$

Определяем напряжение в сварном соединении по формуле 4.29.

$$\sigma = \frac{5592 \cdot 10^3}{10 \cdot 7626} = 74,3 \text{ МПа}$$

Определяем условие прочности соединения по формуле 4.28.

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве, равное 74,3 МПа меньше нормативного значения 167,4 МПа, то сварные соединения работоспособны.

Для продольного шва обечайки, выполняемого автоматической сваркой под слоем флюса, применяем соединение С29, расчёт на прочность которого производится по формуле 4.29

$$\sigma_m = \frac{p \cdot r}{s} \leq [\sigma], \quad (4.34)$$

где σ_m – окружное напряжение;

p – расчетное давление, МПа;

r – внутренний радиус, мм;

s – толщина стенки, мм;

$[\sigma]$ – допускаемое напряжение при растяжении

Внутренний радиус определяем по формуле [22]:

$$r = \frac{D + (S - c)}{2}. \quad (4.35)$$

Тогда:

$$r = \frac{2400 + (10 - 2,8)}{2} = 1203,6 \text{ мм.}$$

По формуле (19) определим окружное напряжение шва:

$$\sigma_m = \frac{0,855 \cdot 1203,6}{10} = 102,9 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_m = 102,9 \leq [\sigma] = 174,5 \text{ МПа.}$$

Условие выполняется.

Для приварки 2 штуцеров и люка лаза применяют соединение Т7, изображенное на рисунке 6, геометрические размеры в соответствии с ГОСТ 14771-76 [11].

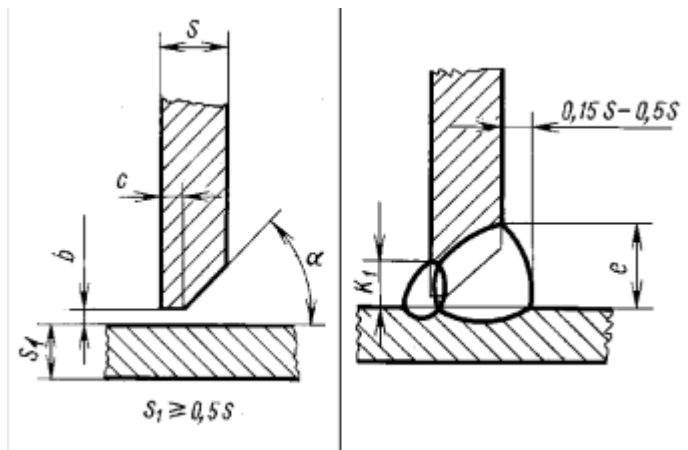


Рисунок 6 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного, соединения типа Т7 ГОСТ 14771-76

Расчет тавровых соединений Т7 проводим по формуле [9]:

$$\tau \leq [\tau], \quad (4.36)$$

где τ – напряжение среза в тавровом сварном соединении, МПа;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение при срезе, МПа.

Напряжение среза в тавровом сварном соединении находим по формуле [9]:

$$\tau \leq \frac{N}{F}, \quad (4.37)$$

где N – продольная нагрузка, растягивающая шов, кН;

F – площадь поперечного сечения шва, мм².

Расчет площади поперечного сечения шва проводим по формуле [9]:

$$F = \beta \cdot h_{\text{ш}} \cdot L_{\text{ш}}, \quad (4.38)$$

где β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва;

$h_{\text{ш}}$ – толщина таврового шва, принимаемая равной катету вписанного в шов равнобедренного прямоугольного треугольника, мм;

$L_{\text{ш}}$ – длина сварного шва, мм.

Для рассматриваемого таврового сварного соединения толщину шва определяем по формуле [9]:

$$h_{\text{ш}} = \sqrt{e^2 + g_y^2}, \quad (4.39)$$

где e – ширина сварного шва, мм;

g_y – усиление сварного шва, мм.

Определяем толщину шва по формуле 4.39.

$$h_{ш} = \sqrt{20^2 + 1^2} = 20,03 \text{ мм}^2$$

Принимаем $h_{ш} = 21$ мм.

При условии, что сварное соединение выполняется без использования технологических планок, для штуцера длина сварного шва определяется как длина окружности свариваемых деталей по наружной поверхности и рассчитывается по формуле [9]:

$$L_{ш} = \pi d_{ш} - 10, \quad (4.40)$$

где $d_{ш}$ – внутренний диаметр штуцера, мм.

$$L_{ш} = 3,14 \cdot 600 - 10 = 1874 \text{ мм}$$

Допускаемое напряжение при срезе рассчитываем по формуле [9]:

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot [\sigma], \quad (4.41)$$

Определяем допускаемое напряжение при срезе по формуле 4.41.

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot 167,4 = 84 \dots 109 \text{ МПа}$$

Площадь для штуцера определяем по формуле [9]:

$$\Pi = \pi \cdot \frac{d_{ш}^2}{4}, \quad (4.42)$$

$$\Pi = 3,14 \cdot \frac{600^2}{4} = 282600 \text{ мм}^2$$

Продольная нагрузка определяется по формуле [9]:

$$N = P_{пр} \cdot \Pi, \quad (4.43)$$

$$N = 0,855 \cdot 282600 = 242 \text{ кН}$$

Исходя из этого определяем напряжение среза в сварном соединении по формуле 3.37.

$$\tau = \frac{242 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 21 \cdot 1874} = 8,8 \text{ МПа}$$

Соединение считаем работоспособным если выполняется условие по формуле 4.36.

Определяем условие работоспособности соединения по формуле 4.36.

Так как вычисленное значение напряжения на срезе в угловом шве равное 8,8 МПа меньше нормативного от 83,7 до 108,8 МПа, то сварное соединение работоспособно.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Выбор способов 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] и механизированную сварку в среде защитных газов по ГОСТ 14771–76 [14].

Для выполнения продольных и кольцевых швов принимаем автоматическую сварку под слоем флюса в виду ее удобства и высокой производительности.

В основе автоматической сварки под флюсом лежит горение электрической дуги, которая расплавляет структуру металлических кромок. Для этого в область сварки подается проволока, между концом которой и самим изделием происходит возбуждение дуги. Совместно с этим процессом сварочный трактор в область сваривания передает флюс, он покрывает расплавленную область, защищая от влияния внешних газовых смесей. Кроме этого он снижает разбрызгивание расплавленного металла.

Автоматическая дуговая сварка под флюсом должна выполняться в соответствии с технологией и с соблюдением определенных правил. Во время этого процесса плавящийся конец присадочной проволоки удерживает головка сварочного автомата, при этом обязательно должно сохраняться некоторое расстояние от детали.

Технология сварки под флюсом требует контролирования со стороны человека. Также необходимо корректирование режимов, периодическое оценивание качества полученных результатов. Во время сварочного процесса применяются автоматические тракторы, которые передвигаются на собственных шасси по линии соединения. Все главные узлы данных аппаратов передвигаются вместе с ними.

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.

ГОСТ 8713-79 классифицирует и маркирует буквенными обозначениями подвиды способа соединения под флюсом.

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 CO_2 .

Сварка производится голый сварочной проволокой диаметром 1,4...2 мм, которая подается через токоведущий мундштук. В зону сварки через сопло поступает углекислый газ, струя которого, обтекая сварочную дугу и сварочную ванну, предохраняет расплавленный металл от воздействия атмосферного воздуха.

Электродная проволока подается непрерывно в зону сварки со скоростью плавления. Сварочная горелка перемещается вдоль свариваемых кромок, в результате чего совершается процесс сварки с образованием шва. Сварку производят на постоянном токе обратной полярности (плюс на электроде).

Сварка изделий из низкоуглеродистых и низколегированных сталей в среде защитных газов является одним из самых распространенных способов дуговой сварки 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.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6. Обоснование выбора сварочных материалов

Применяемые сварочные материалы (сварочная проволока, электроды, флюс) должны соответствовать требованиям технических условий или стандартов на их поставку, что должно быть подтверждено сертификатом.

Сварочные материалы перед запуском в производство следует проверить на соответствие их качества требованиям действующих государственных и отраслевых стандартов и технических условий.

При приемке сварочной проволоки проверяется:

- а) наличие сертификатов на поставленную проволоку и соответствие его данных требованиям
- б) наличие бирок на мотках и соответствие их данных сертификатам;
- в) состояние поверхности проволоки и ее химическое соответствие.

Сварочная проволока должна быть ровной, без перегибов, на ее поверхности не должно быть трещин, окалины, следов коррозии и других загрязнений.

Сварочную проволоку следует выбирать, исходя из выбранного ранее материала. Выбор сварочной проволоки проводится по СТО 00220368–012–2008 [15]. Так как в сварочном материале содержатся легирующие элементы (марганец и кремний), то необходима легированная проволока, в которой предпочтительно должны присутствовать те же легирующие элементы.

Для автоматической сварки под слоем флюса подходит сварочная проволока Св-08ГА химический состав которой представлен в таблице 4 [15].

Таблица 4 - Химический состав проволоки Св-08ГА

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N
Содержание, %	до 0,1	до 0,06	0.80...1.10	до 0,25	0,030	0,025	до 0,10	до 0,01

Для механизированной сварки в среде углекислого газа подходит сварочная проволока Св-08Г2С, химический состав которой представлен в таблице 5 [13].

Таблица 5 - Химический состав проволоки Св-08Г2С

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
Содержание, %	0.05...0.14	0.70...0.95	1.80...2.10	до 0.25	0,030	0,025	0,20

По СТО 00220368–012–2008 для автоматической сварки под слоем флюса выбираем флюс АН-348А.

Использование флюсов в случае нарушения условий хранения, не допускается. Применение разрешается только после проведения повторной прокалки по режимам согласно паспортам.

Очистку, прокалку, маркировку, упаковку, хранение и выдачу сварочных материалов следует организовать так, чтобы исключить возможность перепутывания различных марок и партий.

Сварочные флюсы должны обеспечивать:

- а) надежную защиту расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха;
- б) устойчивое стабильное горение дуги;
- в) необходимые механические свойства металла шва;
- г) хорошее формирование шва;
- д) хороший внешний вид;
- е) отсутствие внутренних дефектов;
- ж) легкое отделение шлаковой корки от поверхности металла;
- з) отсутствие выделения пыли и вредных газов в процессе сварки.

По ГОСТ Р 52222–2004 [16] химический состав используемого флюса приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав флюса АН-348А

Элемент	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃
Содержание, %	40,0...44,0	31,0...38,0	до 12,0	до 7,0	до 13,0	3,0...6,0	0,5...2,2

Сварочный флюс АН-348А - высокомарганцевый и высококремнистый оксид.

Согласно СТО 00220368–012–2008 перед использованием флюсы прокаливают в соответствии с режимами, приведенными в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы прокалики флюсов

Марка флюса	Температура печи при загрузке флюсов, °С, не более	Скорость подъема температуры, °С/ч	Температура прокалики, °С	Время выдержки, ч
АН-348А	150	100...200	300...420	2

Подготовленные к сварке сварочные материалы следует хранить в сушильных шкафах при температуре 60 - 100°С или в сухих отапливаемых помещениях при температуре не ниже плюс 18°С в условиях, предохраняющих их от загрязнения, ржавления, увлажнения и механических повреждений. Относительная влажность воздуха - не более 50%. Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов должна соответствовать требованиям РД 26-17-049 [17].

В качестве защитного газа была выбрана двуокись углерода жидкая сварочная поставляемая по ГОСТ 8050–85 [18].

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. Жидкую двуокись углерода высокого давления поставляют 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 проволока Св-08Г2С соответствует данному требованию и применяется для сварки в среде CO₂.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19M0107	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7 Расчет режимов сварки

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

Режимы сварки зависит 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 10 мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 09Г2С;
- длина сварного соединения 1500 мм
- длина сварного соединения 9700 мм;
- марка сварочной проволоки и флюса – Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70, АН-348А по ГОСТ Р 52222–2004;
- род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности;
- тип соединения С29 по ГОСТ 8713–79.

Конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения С29 по ГОСТ 8713–79, представлены на рисунке 7.

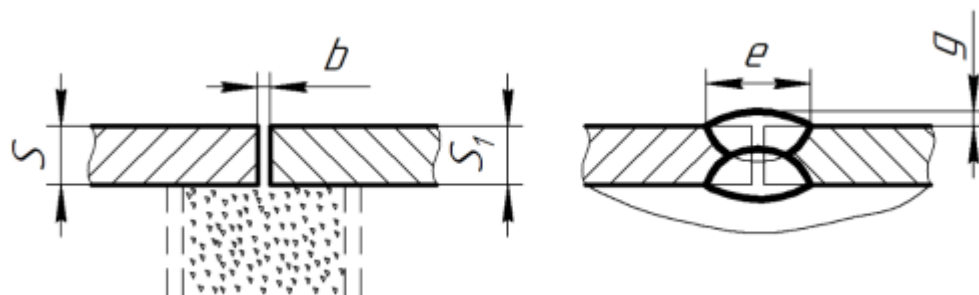


Рисунок 7 - Эскиз стыкового соединения С29

Согласно ГОСТ 8713-79 [13] кромки деталей и сварной шов имеют следующие конструктивные параметры: $S = S_1 = 10$ мм, $b = 2 \pm 1$, мм $c = 2 \pm 1$, е не более 24 мм, $2,5 \pm 1$.

Данный тип соединения обеспечивает полное проплавление кромок соединяемых деталей и наибольшую прочность сварного шва. Сварка выполняется под флюсом в несколько проходов.

Рассчитаем параметры режимов сварки для продольного сварного соединения обечаек

Рассчитываем глубину проплавления по формуле [19]:

$$h = \frac{S}{2} + (2...3) \quad (7.1)$$

где, S - толщина обечайки

$$h = \frac{10}{2} + (2...3) = (7 \dots 8)$$

Принимаем $h = 7$ мм

Определяем величину сварочного тока $I_{св}$ по эмпирической формуле [19]:

$$I_{св} = (80...100) \cdot h \quad (7.2)$$

$$I_{св} = (80...100) \cdot 7 = 560...700 \text{ А}$$

Принимаем $I_{св} = 560 \text{ А}$

Определяем диаметр электродной проволоки по формуле [19]:

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{j}} \quad (7.3)$$

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

j – допускаемая плотность тока, А/мм²

$$d_{эл} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{560}{45}} = 3,98 \text{ мм}$$

Принимаем $d_{эл} = 4 \text{ мм}$

Для проволоки $d_{эл} = 4 \text{ мм}$ скорость сварки $V_{св}$ определяем по формуле [13]:

$$V_{св} = \frac{(16...20) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (7.4)$$

Подставляем полученные значения в формулу 7.4

$$V_{св} = \frac{(16...20) \cdot 10^3}{560} = (28,6...35,7) \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 32 \text{ м/ч}$

Определяем оптимальное напряжение дуги может по формуле [19]:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (7.5)$$

Подставляем полученные значения в формулу 7.6

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{4^{0,5}} \cdot 560 \pm 1 = 33...35 \text{ В}$$

Принимаем $U_{д} = 35 \text{ В}$

Определяем коэффициент провара по формуле [19]:

$$\psi_{пр} = K^I \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_{д}}{I_{св}} \quad (7.6)$$

Где K^I – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности и определяется по табл. 8.9[18].

$$\psi_{пр} = 0,367 \cdot 45^{0,1925} \cdot (19 - 0,01 \cdot 560) \cdot \frac{4 \cdot 35}{560} = 2,68$$

Определяем величину погонной энергии по формуле [19]:

$$q_{п} = \frac{I_{св} \cdot U_{д} \cdot \eta_{д}}{V_{св}} \quad (7.7)$$

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

Принимаем $\eta_d = 0,8$

$$q_{\Pi} = \frac{560 \cdot 35 \cdot 0,8}{0,89} = 17617,97 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления по формуле [19]:

$$h_{\phi} = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{\Pi}}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (7.8)$$

Подставляем исходные значения в формулу 7.8

$$h_{\phi} = 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{17617,97}{2,68}} = 0,62 \text{ см} = 6,2 \text{ мм}$$

Ширину шва определяем по формуле [19]:

$$b = \psi_{\text{пр}} \cdot h_{\phi} \quad (7.9)$$

где b – фактическая ширина шва, мм.

$$b = 2,68 \cdot 6,2 = 16,6 \text{ мм}$$

Полученное значение соответствует требованиям ГОСТ 8713–79.

Определим фактическую высоту валика c_3 по формуле [19]:

$$c_3 = \frac{F_H - H \cdot b_3}{0,73 \cdot b - b_3} \quad (7.10)$$

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.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход определяется по формуле [19]:

$$F_H = \frac{\alpha \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{\text{св}}} \quad (7.11)$$

где α_n – коэффициент наплавки, $\text{г/А} \cdot \text{ч}$;

γ – плотность сварочной проволоки, г/см^3 .

Коэффициент наплавки определяется по формуле [19]:

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\psi}{100}\right) \quad (7.12)$$

где, α_p – коэффициент расплавления электродной проволоки, $\text{г/А} \cdot \text{с}$;

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

Коэффициент расплавления электродной проволоки определяется по формуле:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{CB}}{d_{эл}}\right) \cdot 10^{-4} \quad (7.13)$$

Подставляем полученные значения в формулу 7.13

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{560}{4}\right) \cdot 10^{-4} = 0,0039 \text{ г/А} \cdot \text{с} = 14 \text{ г/А} \cdot \text{ч};$$

Подставляем полученные значения в формулы 7.12.

$$\alpha_H = 14 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 12,6 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$F_H = \frac{12,6 \cdot 560}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,89} = 28 \text{ мм}^2$$

$$c_B = \frac{28}{0,73 \cdot 16,6} = 2,3 \text{ мм}$$

Общая высота шва определяется по формуле:

$$H = h_\phi + c_B \quad (7.14)$$

$$H = 6,2 + 2,3 = 8,5 \text{ мм}$$

$$c_3 = \frac{28 - 8,5 \cdot 2}{0,73 \cdot 16,6 - 2} = 1,1 \text{ мм}$$

Определим коэффициент формы валика по формуле [19]:

$$\psi_B = \frac{b}{c_B}, \quad (7.15)$$

где ψ_B – коэффициент формы валика.

$$\psi_B = \frac{16,6}{2,3} = 7,2 \%$$

Коэффициент формы валика не должен выходить из диапазона

$$\psi_B = 7,0 \dots 10,0 \%$$

Определим скорость подачи электродной проволоки $V_{п.п.}$, м/ч по формуле [19]

Определяем скорость подачи проволоки по формуле:

$$V_{п.п.} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{CB}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} \quad (7.16)$$

Подставляем полученные значения в формулу

$$V_{\text{п.пр}} = \frac{4 \cdot 12,6 \cdot 560}{3,14 \cdot 4^2 \cdot 7,8} = 72 \text{ м/ч}$$

Рассчитываем режим сварки обратной стороны шва.

Фактическая глубина провара удовлетворяет поставленному требованию, т. е. обеспечивает необходимое перекрытие шва, и ширина шва и высота валик соответствуют требованиям ГОСТ 8713-78 для данного вида сварного соединения либо требованиям чертежа при благоприятных значениях коэффициентов $\Psi_{\text{пр}}$ и $\Psi_{\text{в}}$, то принимаем режим сварки обратной стороны шва аналогичным рассчитанному.

Определим основное машинное время по формуле [19]:

$$T_{\text{осн}} = \frac{3600 \cdot F_H \cdot l \cdot \gamma}{\alpha_H \cdot I_{\text{св}}}, \quad (7.17)$$

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

где l – длина сварного соединения, см.

$$T_{\text{осн}} = \frac{3600 \cdot 28 \cdot 150 \cdot 7,8}{12,6 \cdot 560} = 1671 \text{ с} = 0,46 \text{ ч}$$

Расчет потребного количества сварочной проволоки производится по формуле:

$$\omega_{\text{сп}} = 1,1 \cdot \omega_{\text{н.м}}, \quad (7.18)$$

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

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

Вес наплавленного металла определяется по формуле [19]:

$$\omega_{\text{н.м}} = F_H \cdot l \cdot \gamma, \quad (7.19)$$

$$\omega_{\text{н.м}} = 2,8 \cdot 150 \cdot 7,8 = 3276 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{сп}} = 1,1 \cdot 3276 = 3603 \text{ г}$$

Принимаем $\omega_{\text{сп}} = 4 \text{ кг}$

Режимы сварки для шва №2 и №3 принимаем такие же, как и для соединения № 1, так как данные соединения являются одностипными.

Расчет режимов для сварки шва №4.

Исходные данные:

- толщина свариваемых деталей 10 мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 08Г2С;
- длина сварного соединения 1400 мм;
- катет шва 7 мм;
- марка сварочной проволоки– Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70,
- защитный газ двуокись углерода по ГОСТ 8050–85;
- род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности;
- тип соединения Т6 по ГОСТ 14771-76.

Для приварки штуцеров применяют соединение Т6, изображенное на рисунке 8, геометрические размеры в соответствии с ГОСТ 14771-76 [11].

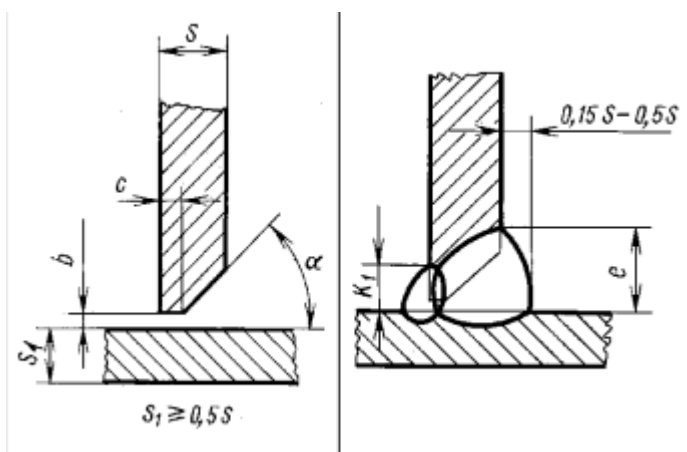


Рисунок 8 –сварного соединения типа Т7 ГОСТ 14771-76[11].

Полуавтоматическая сварка в углекислом газе проволокой

Расчет величины сварочного тока. Величина сварочного тока определяется в зависимости от диаметра электродной проволоки согласно рекомендациям таблицы 8

Таблица 8 – Допускаемая величина сварочного тока в зависимости от диаметра электродной проволоки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

45

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 несколько проходов. Принимаем следующие исходные данные:

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

При многопроходной сварке скорость сварки шва рассчитывается по формуле

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (7.20)$$

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

$$V_{св} = 17 \text{ м/ч} = 0,47 \text{ см/с}$$

Определяем оптимальное напряжение дуги может по формуле [19]:

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (7.21)$$

Подставляем полученные значения в формулу 7.20

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

Принимаем $U_{д} = 27 \text{ В}$

Определяем коэффициент провара по формуле [19]:

$$\psi_{пр} = K^I \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_{д}}{I_{св}} \quad (7.22)$$

$$\psi_{\text{пр}} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,6 \cdot 27}{200} = 3,4$$

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

Определяем величину погонной энергии по формуле [19]:

$$q_{\text{П}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{д}}}{V_{\text{св}}} \quad (7.23)$$

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

Принимаем $\eta_{\text{д}} = 0,9$

Подставляем известные значения в формулу:

$$q_{\text{П}} = \frac{200 \cdot 27 \cdot 0,9}{0,47} = 10340 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления по формуле [19]:

$$h_{\text{ф}} = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{\text{П}}}{\psi_{\text{пр}}}} \quad (7.24)$$

Определим фактическую глубину проплавления по формуле:

$$h_{\text{ф}} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{10340}{3,4}} = 0,45 \text{ см} = 4,5 \text{ мм}$$

Ширину шва определяем по формуле [19]:

$$b = \psi_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}} \quad (7.25)$$

где b – фактическая ширина шва, мм.

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

Коэффициент наплавки определяется по формуле [19]:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot \left(1 - \frac{\psi}{100}\right) \quad (7.26)$$

где, $\alpha_{\text{р}}$ – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

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

Коэффициент расплавления электродной проволоки определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{р}} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{эл}}}\right) \cdot 10^{-4} \quad (7.27)$$

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{200}{1,6}\right) \cdot 10^{-4} = 35,8 \cdot 10^{-4} \text{ г/А·с};$$

Подставляем полученные значения в формулу 7.26

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

Площадь наплавки определяется по формуле [19]:

$$F_H = \frac{K^2}{2} \quad (7.28)$$

где K – катет шва, мм.

$$F_H = \frac{7^2}{2} = 24,5 \text{ мм}^2$$

Определим высоту валика по формуле [18]:

$$c_B = \frac{F_H}{0,73 \cdot e} \quad (7.29)$$

$$c_B = \frac{24,5}{0,73 \cdot 15,3} = 2,19 \text{ мм}$$

Общая высота шва определяется по формуле:

$$H = h_\phi + c_B \quad (7.30)$$

$$H = 4,5 + 2,19 = 6,69 \text{ мм}$$

Определим высоту заполнения по формуле [19]:

$$q = \sqrt{F_H} \quad (7.31)$$

где q – высота заполнения, мм.

$$q = \sqrt{24,5} = 4,95 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления полки таврового соединения по формуле:

$$h_0 = H - q \quad (7.32)$$

$$h_0 = 6,69 - 4,95 = 1,74 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления вертикальной стенки углового соединения по формуле [19]:

$$h_{01} = (0,8 \dots 1,0) \cdot h_0 \quad (7.33)$$

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

$$h_{01} = (0,8...1,0) \cdot 1,74 = 1,39...1,74 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле:

$$V_{\text{п.пр}} = \frac{4 \cdot \alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2 \cdot \gamma} \quad (7.34)$$

$$V_{\text{п.пр}} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 200}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 153 \text{ м/ч}$$

Проверим правильность выбора режима сварки через оптимальную величину коэффициента формы провара по формуле [19]:

$$\psi_{\text{опр}} = \frac{b}{H} \quad (7.35)$$

При этом должно выполняться условие $\psi_{\text{опр}} \leq 2,0$ [13]. Ширина шва определяется по формуле [19]:

$$b = \sqrt{2 \cdot K^2} \quad (7.36)$$

$$b = \sqrt{2 \cdot 7^2} = 9,9 \text{ мм}$$

Определяем правильность выбора режима сварки по формуле 7.35.

$$\psi_{\text{опр}} = \frac{9,9}{6,69} = 1,48$$

Так как фактический коэффициент формы провара равный 1,48 соответствует условию удовлетворительного формирования шва, т.е. не превышает 2,0, то отсюда следует, что режим сварки выбран правильно.

– для последующий проходов $d_{\text{эл}} = 1,6$ мм, величина сварочного тока $I_{\text{св}} = 250$ А.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла можно принять $F_{\text{н}}$ до 100 мм^2 . Для расчетов принимаем $F_{\text{н}} = 40 \text{ мм}^2$

Рассчитаем скорость сварки последующих проходов по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{I_{\text{св}}} \quad (7.37)$$

$$V_{\text{св}} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{250} = 8...20 \text{ м/ч}$$

$$V_{\text{св}} = 12 \text{ м/ч} = 0,35 \text{ см/с}$$

Определяем оптимальное напряжение дуги может по формуле:

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \quad (7.38)$$

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 250 \pm 1 = 30 \pm 1В$$

Принимаем $U_D = 30В$

Определяем коэффициент провара по формуле:

$$\psi_{пр} = K^I \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} \cdot U_D}{I_{св}} \quad (7.39)$$

Определяем коэффициент формы провара по формуле 7.39.

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 250) \cdot \frac{1,6 \cdot 30}{250} = 2,8$$

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

Определяем величину погонной энергии по формуле:

$$q_{п} = \frac{I_{св} \cdot U_D \cdot \eta_D}{V_{св}} \quad (7.40)$$

где η_D – эффективный КПД дуги, для сварки под флюсом.

Принимаем $\eta_D = 0,8$

Подставляем известные значения в формулу 7.40.

$$q_{п} = \frac{250 \cdot 30 \cdot 0,8}{0,35} = 17142 \text{ Дж/см}$$

Определяем глубину проплавления по формуле:

$$h_{ф} = 7,6 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{q_{п}}{\psi_{пр}}} \quad (7.41)$$

Подставляем известные значения в формулу 7.41.

$$h_{ф} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{17142}{2,8}} = 0,63 \text{ см} = 6,3 \text{ мм}$$

Ширину шва определяем по формуле [20]:

$$b = \psi_{пр} \cdot h_{ф} \quad (7.42)$$

$$b = 2,8 \cdot 6,3 = 17,64 \text{ мм}$$

Коэффициент наплавки определяется по формуле:

$$\alpha_H = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\varphi}{100}\right) \quad (7.43)$$

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:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{CB}}{d_{эл}}\right) \cdot 10^{-4} \quad (7.44)$$

Подставляем полученные значения в формулы 7.44.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{250}{1,6}\right) \cdot 10^{-4} = 41,8 \cdot 10^{-4} \text{ г/А·с};$$

Подставляем полученные значения в формулы 7.43.

$$\alpha_H = 41,8 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 14 \text{ г/А·с}$$

Определим высоту валика по формуле [11]:

$$c_B = \frac{F_H}{0,73 \cdot e} \quad (7.45)$$

Определим высоту валика по формуле 7.45.

$$c_B = \frac{40}{0,73 \cdot 17,64} = 3,1 \text{ мм}$$

Общая высота шва определяется по формуле:

$$H = h_\phi + c_B \quad (7.46)$$

$$H = 6,3 + 3,1 = 9,4 \text{ мм}$$

Определим высоту заполнения по формуле:

$$f = \sqrt{\frac{F_H - H \cdot b_3}{\tan \alpha}} \quad (7.47)$$

где q – высота заполнения, мм.

$$f = \sqrt{\frac{40 - 9,4 \cdot 2}{\tan 40}} = 5,03 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления полки таврового соединения по формуле:

$$h_0 = H - f \quad (7.48)$$

$$h_0 = 9,4 - 5,03 = 4,37 \text{ мм}$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле:

$$V_{\text{п.пр}} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I_{\text{св}}}{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2 \cdot \gamma} \quad (7.49)$$

$$V_{\text{п.пр}} = \frac{4 \cdot 14 \cdot 250}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,85} = 222 \text{ м/ч}$$

Определим число проходов по формуле [18]:

$$n = \frac{F_{\text{HM}} - F_{\text{HM1}}}{F_{\text{HM2}}} + 1 \quad (7.50)$$

где n – число проходов, шт;

F_{HM} – площадь поперечного сечения сварного шва, мм²;

F_{HM1} – площадь первого прохода, мм²;

F_{HM2} – площадь последующего прохода, мм².

Определение площади поперечного сечения наплавленного металла.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла стыковых сварных швов с V-образной разделкой кромок и подваренным корнем шва определяется по формуле [18]:

$$F_{\text{HM}} = f^2 \tan \alpha + aS + \frac{2}{3}c[2f \tan \alpha + a + (4 \dots 6)] + \frac{2}{3} + c'[a + (4 \dots 6)] \quad (7.51)$$

где α ; b ; S ; g ; f – конструктивные параметры сварного соединения и кромок соединяемых деталей. [20]

Подставляем известные значения в формулу 7.51

$$F_{\text{HM}} = 3,65^2 \cdot \tan 40 + 2 \cdot 10 + \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot [2 \cdot 3,65 \cdot \tan 40 + 2 + (4 \dots 6)] + \frac{2}{3} + 2 \cdot [2 + (4 \dots 6)] = 65 \text{ мм}^2$$

Определяем число проходов по формуле 7.50.

$$n = \frac{65 - 24,5}{40} + 1 = 2$$

Принимаем $n=2$.

Определяем количество проходов с учетом подварочного шва по формуле [19]:

$$\sum n = n + n_{\text{под}} \quad (7.52)$$

где $\sum n$ – число проходов с учетом подварочного шва, шт;

$n_{\text{под}}$ – количество подварочных швов, шт.

Подставляем известные значения в формулу 7.52.

$$\sum n = 2 + 1 = 3$$

Определим основное машинное время по формуле 7.17

$$T_{\text{осн1}} = \frac{3600 \cdot 0,245 \cdot 140 \cdot 7,8}{12 \cdot 200} = 401 \text{ с}$$

$$T_{\text{осн2}} = 2 \cdot \frac{3600 \cdot 0,3 \cdot 140 \cdot 7,8}{14 \cdot 250} = 674$$

Тогда общее машинное время равно:

$$T_{\text{осн}} = 401 + 674 = 1075$$

Рассчитаем вес электродной проволоки.

Вес наплавленного металла определяется по формуле 7.19.

$$\omega_{\text{н.м1}} = 0,245 \cdot 140 \cdot 7,8 = 268 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{н.м2}} = 2 \cdot 0,3 \cdot 140 \cdot 7,8 = 655 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{н.м}} = 268 + 655 = 923 \text{ г}$$

Тогда, вес сварной проволоки определяем по формуле 7.18.

$$\omega = (1,7 \dots 1,9) \cdot 923 = 1569,1 \dots 1753,7$$

Вылет электрода будет определяться для проволоки диаметром 1,2 по формуле [19]:

$$l_{\text{э}} = (8 \dots 18) \cdot d_{\text{эл}} \quad (7.53)$$

где $l_{\text{э}}$ – вылет электрода, мм.

$$l_{\text{э}} = (8 \dots 18) \cdot 1,6 = 12,8 \dots 28,8$$

Принимаем расход защитного газа согласно таблице 9 для проволоки диаметром 1,6 мм в пределах от 15,0 до 20,0 л/мин

Таблица 9 – Параметры расхода защитного газа и вылет электродной проволоки

Диаметр сварочной проволоки $d_{эл}, \text{мм}$	Расход защитного газа, л/мин	Вылет электрода $l_э, \text{мм}$
0,5...0,8	5,0...8,0	7,0...10,0
1,0...1,4	8,0...16,0	8,0...15,0
1,6...2,0	15,0...20,0	15,0...25,0

Рассчитаем режимы сварки для сварного соединения № .Исходные данные:

- толщина свариваемых деталей 10 мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 08Г2С;
- длина сварного соединения 1000 мм;
- катет шва 10 мм;
- марка сварочной проволоки– Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70,
- защитный газ двуокись углерода по ГОСТ 8050–85;
- род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности;
- тип соединения У7 по ГОСТ 14771-76.

Для приварки подкладки применяют соединение Н1, изображенное на рисунке 7, геометрические размеры в соответствии с ГОСТ 14771-76 [11].

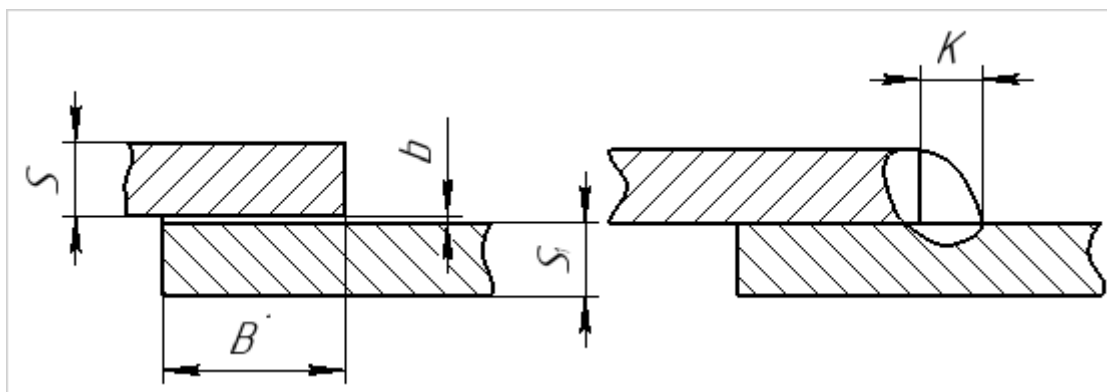


Рисунок 7 - Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного, соединения типа Н1 ГОСТ 14771-76

Исходя из толщин данного сварного соединения, сварку необходимо выполнять в несколько проходов.

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

для последующий проходов $d_{эл} = 1,6$ мм, величина сварочного тока $I_{св} = 220$ А.

При многопроходной сварке скорость сварки шва рассчитывается по формуле [19]:

$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{I_{св}} \quad (7.54)$$
$$V_{св} = \frac{(2...5) \cdot 10^3}{200} = (25...40) \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 25$ м/ч = 0,69 см/с.

Напряжение дуги при механизированной сварке рассчитывается поэмпирической формуле 7.4.

$$U_{д} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 200 \pm 1 \text{ В} = (26,9...28,9)$$

Принимаем $U_{д} = 27$ В.

Определяем коэффициент формы провара по формуле 7.5.

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 200) \cdot \frac{1,6 \cdot 27}{200} = 3,3$$

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

Определим величину погонной энергии по формуле 7.6.

Принимаем $\eta_{д} = 0,9$.

Подставляем известные значения в формулу 7.6.

$$q_{п} = \frac{200 \cdot 27 \cdot 0,9}{0,69} = 7044 \text{ Дж/см}$$

Определим фактическую глубину проплавления по формуле 7.7.

$$h_{ф} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{7044}{3,3}} = 0,37 \text{ см} = 3,5 \text{ мм}$$

Определим фактическую ширину шва по формуле 7.8.

$$b = 3,5 \cdot 3,3 = 11,5 \text{ мм}$$

Коэффициент наплавки и коэффициент расплавления электродной проволоки определяются по формулам 7.12 и 7.13.

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{200}{2}\right) \cdot 10^{-4} = 0,003 \text{ г/А·с}$$

$$\alpha_H = 0,003 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 9,81 \text{ г/А·ч}$$

Площадь наплавки определяется по формуле 7.27.

$$F_H = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ мм}^2$$

Определим высоту валика по формуле

$$c_B = \frac{50}{0,73 \cdot 11,5} = 5,8 \text{ мм}$$

Определим общую высоту шва по формуле 7.14

$$H = 3,5 + 5,8 = 9,3 \text{ мм}$$

Определим высоту заполнения по формуле 7.31.

$$q = \sqrt{50} = 7,31 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления полки по формуле 7.32.

$$h_0 = 9,3 - 7,1 = 2,2 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления стенки по формуле 7.33.

$$h_{01} = (0,8 \dots 1,0) \cdot 2,2 = 1,76 \dots 2,2 \text{ мм}$$

Определим скорость подачи проволоки по формуле 7.16.

$$V_{\text{П.ПР}} = \frac{4 \cdot 9,81 \cdot 200}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 125 \text{ м/ч}$$

Ширина шва определяется по формуле 7.36

$$b = \sqrt{2 \cdot 10^2} = 14,1 \text{ мм}$$

Определяем правильность выбора режима сварки по формуле 7.35

$$\psi_{\text{опр}} = \frac{14,1}{9,3} = 1,51$$

Так как фактический коэффициент формы провара равный 1,51 соответствует условию удовлетворительного формирования шва, т.е. не превышает 2,0, то отсюда следует, что режим сварки выбран правильно.

Расчет режима сварки последующих проходов.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла можно

принять F_H до 100 мм². Для расчетов принимаем $F_H = 40$ мм².

Коэффициент наплавки и коэффициент расплавления электродной проволоки определяются по формулам 7.27 и 7.26

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{220}{1,6}\right) \cdot 10^{-4} = 38,55 \cdot 10^{-4} \text{ г/А·с}$$

$$\alpha_H = 38,55 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 12,5 \text{ г/А·ч}$$

Определим скорость сварки последующих проходов по формуле 7.37:

$$V_{св} = \frac{(5...8) \cdot 10^3}{250} = 20...32 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{св} = 30 \text{ м/ч} = 0,83 \text{ см/с}$.

Определим напряжение дуги по формуле 7.5.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,6^{0,5}} \cdot 220 \pm 1 = 27,7...29,7 \text{ В}$$

Принимаем $U_d = 28 \text{ В}$.

Определяем коэффициент формы провара по формуле 7.6.

$$\psi_{пр} = 0,92 \cdot (19 - 0,01 \cdot 220) \cdot \frac{1,6 \cdot 28}{220} = 3,15$$

Определим величину погонной энергии по формуле 7.7.

Принимаем $\eta_d = 0,8$.

Подставляем известные значения в формулу 7.7.

$$q_{п} = \frac{220 \cdot 28 \cdot 0,8}{0,83} = 5937 \text{ Дж/см}$$

Определим фактическую глубину проплавления по формуле 7.24.

$$h_{\phi} = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{5937}{3,15}} = 0,35 \text{ см} = 3,5 \text{ мм}$$

Определим фактическую ширину шва по формуле 7.9.

$$b = 3,5 \cdot 3,15 = 11 \text{ мм}$$

Определим высоту валика по формуле

$$c_B = \frac{40}{0,73 \cdot 11} = 4,9 \text{ мм}$$

Определим общую высоту шва по формуле 7.14

$$H = 3,5 + 4,9 = 8,4 \text{ мм}$$

Определим высоту заполнения по формуле 7.31

$$q = \sqrt{40} = 6,3 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления полки по формуле 7.32.

$$h_0 = 8,4 - 6,3 = 2,1 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления стенки по формуле 7.33.

$$h_{01} = (0,8 \dots 1,0) \cdot 2,1 = 1,68 \dots 2,1 \text{ мм}$$

Определим скорость подачи проволоки по формуле 7.16.

$$V_{\text{п.пр}} = \frac{4 \cdot 12,5 \cdot 220}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 7,8} = 175 \frac{\text{м}}{\text{ч}}$$

Определяем площадь поперечного сечения наплавленного металла по формуле:

$$F_{\text{НМ}} = 0,75 \cdot K \cdot g + \frac{1}{2} \cdot a^2 \cdot \tan \alpha \quad (7.55)$$

где α ; K ; g ; конструктивные параметры сварного соединения и кромок соединяемых деталей. [11]

$$F_{\text{НМ}} = 0,75 \cdot 10 \cdot 1,5 + \frac{1}{2} \cdot 10^2 \cdot 45 = 86,25$$

Определяем число проходов по формуле 7.50.

$$n = \frac{86,25 - 50}{40} + 1 = 1,9$$

Принимаем $n=2$.

Определим основное машинное время по формуле 7.17

$$T_{\text{осн1}} = \frac{3600 \cdot 0,5 \cdot 100 \cdot 7,8}{9,81 \cdot 200} = 716 \text{ с}$$

$$T_{\text{осн2}} = \frac{3600 \cdot 0,4 \cdot 100 \cdot 7,8}{12,5 \cdot 220} = 408 \text{ с}$$

Тогда общее машинное время равно:

$$T_{\text{осн}} = 408 + 716 = 1124$$

Рассчитаем вес электродной проволоки.

Вес наплавленного металла определяется по формуле 7.19.

$$\omega_{\text{Н.М1}} = 0,5 \cdot 100 \cdot 7,8 = 390 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{н.м} 2} = 0,4 \cdot 100 \cdot 7,8 = 312 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{н.м}} = 390 + 312 = 702 \text{ г}$$

Тогда, вес сварной проволоки определяем по формуле 7.18.

$$\omega = (1,7 \dots 1,9) \cdot 702 = (1193 \dots 1333) \text{ г}$$

Вылет электрода будет определяться для проволоки диаметром 1,2 по формуле [18]:

$$l_{\text{э}} = (8 \dots 18) \cdot d_{\text{эл}} \quad (7.53)$$

где $l_{\text{э}}$ – вылет электрода, мм.

$$l_{\text{э}} = (8 \dots 18) \cdot 1,6 = 12,8 \dots 28,8$$

Принимаем расход защитного газа согласно таблице 8 для проволоки диаметром 1,6 мм в пределах от 15,0 до 20,0 л/мин

8. Выбор сварочного оборудования и технологической оснастки

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.

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 и опор – механизированная сварка в среде CO₂.

Для автоматической сварки под слоем флюса выбираем сварочный автомат АДФ-1002 представленный на рисунке 9.



Рисунок 9 – 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 10.

Таблица 10 – Техническая характеристика трактора АДФ–1002

Параметр	Значение
Напряжение питающей трех фазной сети, В	380
Номинальный сварочный ток, А	1000
Диаметр электродной проволоки, мм	3...5
Скорость подачи электродной проволоки, м/час	60...362
Скорость сварки, м/час	12...120
Предельный угол наклона сварочной головки в плоскости перпендикулярной шву, град	45
Емкость барабана для проволоки, кг	16
Емкость бункера, дм ³	6
Габаритные размеры, длина×ширина×высота, мм	716×346×526

Сварочный автомат АДФ-1002 поставляется с блоком управления для источника питания типа ВДУ-1250 представленном на рисунке 10.



Рисунок 10 – ВДУ-1250

Сварочный выпрямитель ВДУ-1250 предназначен для комплектации автоматов для сварки и наплавки под слоем флюса и в среде защитного газа. Также может быть использован для воздушно-дуговой резки или строжки угольным электродом. Является полууправляемым тиристорным выпрямителем. Обладает двумя видами жестких внешних характеристик для сварки и наплавки под слоем флюса. По заказу может исполняться с крутопадающей внешней характеристикой. Выпрямитель имеет следующие основные технические решения:

1. Устойчивое горение и надежное зажигание сварочной дуги
2. Функция защиты от перегрева
3. Возможна местная и дистанционная регулировка сварочных параметров
4. Небольшое энергопотребление и малый вес источника в сравнении с аналогичными моделями

5. Имеет 2 вида внешних жестких вольтамперных характеристик для наплавки и сварки под слоем флюса
6. Класс изоляции H (ГОСТ 8865-70)

Его технические характеристики указаны в таблице 11.

Параметр	Значение
Напряжение питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Номинальный сварочный ток, А	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А	250...1250
Напряжение холостого хода, В, не более	55
Номинальное рабочее напряжение, В	44
Потребляемая мощность, кВА, не более	75
Масса, кг, не более	520
Габаритные размеры, длина×ширина×высота, мм	790×610×1410

Для механизированной сварки в среде углекислого газа выбираем сварочный полуавтомат Сварог MIG 3500 (J93) представленный на рисунке 11.



Рисунок 11 – Сварочный полуавтомат Сварог MIG 3500 (J93)

Модель серии *STANDART MIG 3500 (J93)* предназначена для механизированной сварки в среде защитного газа (*MIG/MAG*) и ручной дуговой сварки покрытым электродом (*MMA*). Режим обратной полярности позволяет

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

63

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 полуавтомата Сварог MIG 3500 (J93) представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики полуавтомата Сварог MIG 3500 (J93)

Параметр	Значение
Напряжение питающей сети, В	$380 \pm 15\%$
Рабочее напряжение MIG, В	16,5...31,5
Рабочее напряжение ММА, В	20,8...34,0
Скорость подачи проволоки, м/мин	1,5...15,0
Сварочный ток MIG/ММА, А	50,0...350,0
Подающий механизм	Встроенный
Диаметр электрода ММА, мм	1,5...6,0
Диаметр сварочной проволоки MIG, мм	0,6/0,8/1,0/1,2
Габаритные размеры, длина×ширина×высота, мм	900,0×400,0×670,0

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

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

Режим сварки зависит от многих факторов: толщины и 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;

- напряжение на дуге U_d , В;
- скорость сварки $V_{св}$, м/ч;
- род тока (переменный или постоянный);
- полярность тока (прямая или обратная)

Для проведения сборочно-сварочных операций, принимаем в качестве средства технологического оснащения сварочный роликовый вращатель М61071 представленный на рисунке 12. Характеристики установки приведены в таблице 13.



Рисунок 12 - сварочный роликовый вращатель М61071

Таблица 13 – Технические характеристики самоцентрирующегося сварочного вращателя М61071

Максимальная грузоподъемность, тн	20
Наружный диаметр роликов, мм	400
Наименьший диаметр свариваемых изделий, мм	400
Наибольший диаметр свариваемых изделий, мм	4000
Мощность двигателя, кВт	2х1,5
Линейная скорость ролика, об/мин (мм/мин)	0,075-2,5 (75-3768)
Частота тока, Гц	50±1
Напряжение, В	380±10%

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

65

Максимальная грузоподъемность, тн	20
-----------------------------------	----

Скорость автоматической сварки для кольцевых швов, согласно рассчитанным показателям, составляет 49 м/ч или 0.82 м/мин.

Расчет скорости вращения обечайки на роликовом стенде производится по формуле [19]:

$$\omega = \frac{V_{\text{св}}}{R_0},$$

где ω – скорость вращения обечайки, об/мин;

R_0 – радиус обечайки, м.

$$\omega = \frac{0,82}{1} = 0,82 \text{ об/мин.}$$

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 от 0,075 до 2,5 об/мин

Перемещение велотележки осуществляется по двум швеллерам, расположенным в вертикальной плоскости. Велосипедные тележки монтируют из колон установленных на двухколесных платформах, которые осуществляют перемещение по верхнему рельсу, удерживающему тележку от опрокидывания

Технические характеристики велосипедной тележки ВТ-3 приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Технические характеристики велотележки ВТ-3

Высота подъема балкона, мм:	Наименьшая 2200 Наибольшая 4800
Вылет консоли от оси колонны до оси электрода, мм:	Наименьший 2240 Наибольший 2440
Скорость перемещения тележки, м/мин:	10
Скорость подъема/опускания балкона, м/мин:	2
Масса, кг:	5300
Диаметр свариваемого изделия, мм	1200 - 3500

Скорость вращения приводных роликов, м/мин	рабочая 0,32...1,3 маршевая 11,0
---	-------------------------------------

Для соединения и выравнивания стыкуемых обечаек и днищ относительно друг друга принимаем цепной двухрядный центратор *TAG Pipe EZDCC/10-96*.

Данный центратор представляет из себя мощный цепной механизм, предназначенный для выравнивания и исправления эллипсности труб и сосудов диаметром от 254 до 2440 мм.

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19M0107	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

9 Контроль качества сварных соединений

В соответствии с требованиями ГОСТ 34347-2017 [5] обязательному контролю подвергаются сварные соединения воздухосборника.

Контроль качества сварных соединений необходимо проводить:

1. визуальным и измерительным контролем;
2. механическими испытаниями;
3. радиографическим и ультразвуковым контролем;
4. капиллярным контролем;
5. гидравлические испытания.

Визуальный и измерительный контроль сварных соединений.

Визуальный контроль и измерение сварных швов необходимо проводить после очистки швов и прилегающих к ним поверхностей основного металла от шлака, брызг и других загрязнений.

Обязательному визуальному и измерительному контролю подлежат все сварные швы в соответствии с действующей НТД и для выявления дефектов, выходящих на поверхность шва и не допустимых в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Визуальный и измерительный контроль необходимо проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва.

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

Механические испытания.

Механическим испытаниям необходимо подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосуда. К стыковым соединениям, определяющим прочность сосуда, следует относить продольные швы обечаек, хордовые и меридиональные швы выпуклых днищ.

Допускается проводить измерение твердости металла шва на контрольных образцах, если невозможно его осуществить на готовом сосуде (детали). Твердость необходимо проверять не менее чем в трех точках поперек сварного соединения.

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.

Если при повторном испытании получены неудовлетворительные результаты хотя бы на одном образце, сварное соединение считают непригодным

Объем механических испытаний контрольных сварных соединений:

На растяжение – 2 образца, на статический изгиб – 2 образца, на ударный изгиб – 3 образца

По ГОСТ 34347 сортовой прокат испытывается на ударный изгиб при температуре стенки ниже минус 30°С. Ударная вязкость должна быть не менее 30 Дж/см.

Механические испытания проводим для продольных и кольцевых швов сварных швов в объеме 100 %.

Радиографический и ультразвуковой контроль сварных соединений

Для выявления внутренних дефектов сварных соединений необходимо применять методы неразрушающего контроля, в которых используют проникающие физические поля: радиографический, ультразвуковой/

Метод контроля (ультразвуковой, радиографический или их сочетание) необходимо выбирать исходя из возможностей более полного и точного выявления недопустимых дефектов с учетом особенностей физических свойств

металла, а также особенностей методики контроля для данного вида сварных соединений сосуда (сборочных единиц, деталей).

При невозможности осуществления контроля сварных соединений радиографическим или ультразвуковым методом из-за их недоступности (ввиду конструктивных особенностей сосуда, ограниченности технических возможностей этих методов или по условиям техники безопасности) или неэффективности (в частности, при наличии конструктивного зазора) контроль качества этих сварных соединений необходимо проводить другими методами неразрушающего контроля [23]

Сварные соединения сосудов 3 группы подлежат 50%-ному контролю ультразвуковым или радиографическим методом.

Капиллярный или магнитопорошковый контроль

Капиллярному или магнитопорошковому контролю необходимо подвергать сварные швы, недоступные для осуществления контроля радиографическим или ультразвуковым методом, а также сварные швы сталей, склонных к образованию трещин при сварке.

Капиллярный и магнитопорошковый контроль сварных соединений необходимо проводить согласно действующей НТД, ГОСТ 18442.

Объем капиллярного контроля и класс чувствительности определяют в соответствии с требованиями и требованиями проектной документации.

Гидравлические испытания сварных соединений

Согласно ГОСТ 34347 гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления. Гидравлическое испытание сосудов, устанавливаемых вертикально, допускается проводить в горизонтальном положении. Для гидравлического испытания сосуда необходимо использовать воду.

При заполнении сосуда водой должен быть удален воздух из внутренних полостей. Давление необходимо поднимать равномерно до достижения

пробного. Скорость подъема давления не должна превышать 0,5 МПа в минуту, если нет других указаний разработчика сосуда в проектной документации.

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

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19M0107	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

В курсовой работе была произведена разработка технологии сборки и сварки корпуса воздухоборника из стали 09Г2С. В ходе выполнения курсовой работы были решены задачи:

- а) проведен анализ объекта производства;
- б) произведен выбор основных материалов сварочной конструкции и сварочных материалов;
- в) расчет и проектирование сварной конструкции;
- г) произведен выбор способов сварки;
- д) выбрана техника и технология сварки;
- е) выбраны режимы сварки с последующим выбором оборудования и средств технологического оснащения;
- ж) назначены методы контроля 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.

Список используемых источников

1. **Регулируемая скоба для сборки по кольцевым стыкам обечаек друг с другом и обечайки с днищем** [Текст]: пат. 133454 Рос. Федерация: МПК В23К 37/00 В23К 101/04 / Абрамов Борис Николаевич; заявитель и патентообладатель Абрамов Борис Николаевич. – № 2013111369/02; заяв. 13.03.2013, опубл. 20.10.2013

2. **Установка для совмещения обечайки с обечайкой и обечайки с днищем** [Текст]: пат. 2015131974 Рос. Федерация: МПК В23К 37/04, В23Р 19/10 / Ибрагимов Наиль Габдулбариевич, Швецов Михаил Викторови Талыпов Шамиль Мансурович [и др.]; заявитель и патентообладатель Публичное акционерное общество "Татнефть" им. В.Д. Шашина. – № 2015131974; заяв. 31.07.2015, опубл. 03.02.2017

3. **Разжимное пневматическое кольцо для сварки кольцевых швов сосудов** [Текст]: пат. 21612 Рос. Федерация: МПК В23К 37/053, В23К 37/06/ Кокорин Игорь Юрьевич, Колосунин Артём Александрович Мокеров,

4. **Способ изготовления тонкостенных сосудов высокого давления и устройство для его осуществления** [Текст]: пат. 2465090 Рос. Федерация: МПК В21D 51/24 / Макаровец Николай Александрович Кобылин Рудольф Анатольевич Белов Алексей Евгеньевич. [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное Государственное унитарное предприятие "Государственное научно-производственное предприятие "Сплав". – № 2011123385/02; заяв. 08.06.2011, опубл. 27.10.2012.

5. **Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ 34347-2017. – Введ. 2017-12-14. – М.: Стандартиформ, 2018 год. – 110 с.

6. **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.

7. **Прокат толстолистовой из нелегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 5520–2017. – Введ. 2018–10–01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 27 с.

8. **Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры** [Текст]: ГОСТ 9931–85. – Введ. 1987–01–01. – М.: Издательство стандартов, 1988. – I, 25 с.: ил.

9. **Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек** [Текст]: ГОСТ 34233.1–2017. – Введ. 2018–08–01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 35 с

10. **Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования** [Текст]: ГОСТ 34233.2–2017. – Введ. 2018–11–14. – М.: Стандартиформ, 2018. – 58 с

11. **Нормирование расхода материалов** [Текст]: ГОСТ 14.322–83. – Введ. 1984–01–01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 7 с

12. **Прокат листовой горячекатаный. Сортамент (с Поправкой)** [Текст]: ГОСТ 19903–2015. – Введ. 2016–05–07. – М.: Стандартиформ, 2016. – 16 с.

13. **Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** [Текст]: ГОСТ 8713–79. – Введ. 1981–01–01. – М.: Стандартиформ, 2007. – 42 с

14. **Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** [Текст]: ГОСТ 14771–76. – Введ. 1977–06–30. – М.: Стандартиформ, 2007. – 38 с

15. **Сварка сосудов, аппаратов и трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей** [Текст]: СТО 00220368–012–2008. – Введ. 2009–01–01. Волгоград: ОАО «ВНИИПТ химнефтеаппаратуры», 2008. – 53 с

16. **Флюсы сварочные плавленные для автоматической сварки.**

Технические условия [Текст]: ГОСТ Р 52222–2004. – Введ. 2005–01–01. – М.: Госстандарт, 2004. – 17 с.

17. **Организация хранения, подготовки и контроля сварочных материалов** [Текст]: РД 26-17-049-85. – Введ. 1985–06–10. – Волгоград: ОАО«ВНИИПТ химнефтеаппаратуры», 1985. – 44 с

18. **Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 8050–85. – Введ. 1987–01–01. – М.: Издательство стандартов, 1995.– 24 с.

19. **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. – 273 с.

20. **Проектирование элементов конструкции и технологии сварки газового баллона ГБ-140-10-Ф1**: метод. указания к курсовому проекту / С. Г. Усатый, С. Н. Чугунов, А.В. Прыщак, А. О. Кривенков, Д, Б, Крюков. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2019. – 68 с.

21. **Проектирование сварных конструкции. Элементы расчета и технологии**: метод. указания к курсовому проекту / С. Г. Усатый, С. Н. Чугунов, А.В. Прыщак, И. А. Казанцев. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2019. – 72 с.

22. **Проволока стальная сварочная. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 2246–70. – Введ. 1973–01–01. – М.: Стандартиформ, 2008. – III, 15 с.

23. **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. – 11 с

Приложение А

Карты технологического процесса сварки

					ПГУ. ВКР. 15.03.01.19M0107	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ № 1, 2

Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 34347-2017
2	Способ сварки	Сварка под флюсом ГОСТ 8713-79
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока Св-08ГА по ГОСТ 2246-70 Флюс АН-348А по ГОСТ Р 52222-2004
6	Толщина свариваемых деталей	10 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	2400 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С29
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 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

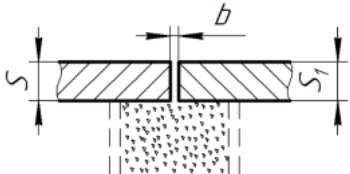
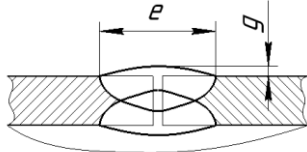
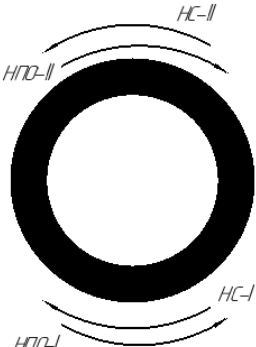
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		<p>НС – направление сварки НПО – направление поворота обечайки</p> 

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

Параметр	S	N	Е	g	
			Номин.	Номин.	Пред. Откл.
Значение	10	2	Не более 24,0	2,0	+1,0 -2,0

Сварочное оборудование (тип): АЗ совместно с А10. Универсальный сварочный выпрямитель – ВДУ-1250; сварочный трактор – АДФ-1002.

Параметры режима сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Шов 1	4	по	560...700	33...35	35...40	28...35	-
Шов 2	4	по	560...700	33...35	35...40	28...35	-

Технологические требования к сварке:

Перед прихваткой способом сварки РД прокалить электроды при $t=340...380\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0-2,5 часов.

2. Перед сваркой прокалить сварочный флюс при $t=300...400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 1,0-1,5 часов.

3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.
4. Слой флюса в зоне сварки должен быть не менее 40-60 мм.
5. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех. способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ 34347-2017	100%
Измерительный	ГОСТ 3242-79		100%
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724–2013		50%
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100%
На растяжение	ГОСТ 6996-66		2 образца
На статический изгиб			2 образца
На ударный изгиб			3 образца

Разработчик: _____ /Сухачев А.В./

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ № 3

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 (М01)
5	Сварочные материалы	Сварочная проволока Св-08ГА по ГОСТ 2246-70 Флюс АН-348А по ГОСТ Р 52222-2004
6	Толщина свариваемых деталей	10 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	2400 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	С29
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 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

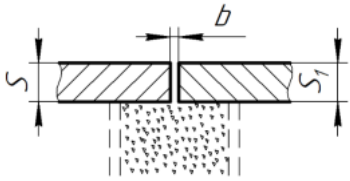
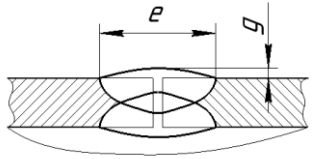
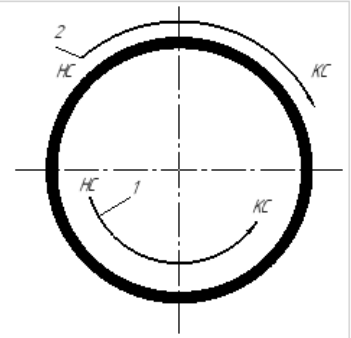
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		 <p>1 – Сварка корневого шва 2 – Сварка облицовочного шва НС – начало сварки КС – конец сварки</p>

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

Параметр	S	N	E	g	
			Номин.	Номин.	Пред. Откл.
Значение	10	2	Не более 24,0	2,0	+1,0 -2,0

Сварочное оборудование (тип): АЗ совместно с А10. Универсальный сварочный выпрямитель – ВДУ-1250; сварочный трактор – АДФ-1002.

Параметры режима сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
Шов 1	4	по	560...700	33...35	35...40	28...35	-
Шов 2	4	по	560...700	33...35	35...40	28...35	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

79

Технологические требования к сварке:

Перед прихваткой способом сварки РД прокалить электроды при $t=340\ldots380\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0-2,5 часов.

2. Перед сваркой прокалить сварочный флюс при $t=300\ldots400\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 1,0-1,5 часов.

3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.

4. Слой флюса в зоне сварки должен быть не менее 40-60 мм.

5. Каждый последующий валик стыка накладывают в противоположном направлении.

6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех. способом.

7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ 34347-2017	100%
Измерительный			100%
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724–2013		50%
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100%
На растяжение	ГОСТ 6996-66		2 образца
На статический изгиб			2 образца
На ударный изгиб			3 образца

Разработчик: _____ /Сухачев А. В./

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

80

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ №4

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 Двуокись углерода по ГОСТ 8050-85
6	Толщина свариваемых деталей	$S=10$; $S_1=5$
7	Диаметр деталей в зоне сварки	500 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	дс, зк
10	Вид шва соединения	Т7 ГОСТ 14771-76
11	Форма подготовки кромок	Со скосом одной кромки
12	Положение при сварке	Н2
13	Режимы подогрева	Отсутствует
14	Режимы термообработки	Отсутствует
15	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

Параметр	S	S ₁	N	E		g	
				Номин.	Пред. Откл.	Номин.	Пред. Откл.
Значение	10	5	2	8	+2,0 -2,0	1,0	+1,0 -1,0

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

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр проволоки, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
№ 1	1,6	по	140...200	27...29	12...29	10...25	15...20
№ 2	1,6	по	200...260	28...31	12...29	8...20	15...20

Технологические требования к сварке:

1. Перед прихваткой и сваркой тщательно продуть защитным газом газовые коммуникации.
2. Зачистить мех. способом участки металла от кромок разделки деталей на ширину не менее 20 мм с каждой стороны до металлического блеска.
3. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. Длина дуги не должна превышать диаметра электрода. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу.
4. Подачу защитного газа начинать до возбуждения дуги и заканчивать после ее гашения и охлаждения металла до температуры не менее 350 °С.
5. После каждого прохода произвести зачистку слоев от брызг металла мех. способом.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ 34347-2017	100%
Измерительный	ГОСТ 3242-79		100%
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724-2013		50%
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100%

Разработчик: _____ /Сухачев А.В./

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ №5

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 Двухосишь углерода по ГОСТ 8050-85
6	Толщина свариваемых деталей	S=10 ;
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1000 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	дс, зк
10	Вид шва соединения	T7 ГОСТ 14771-76
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 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

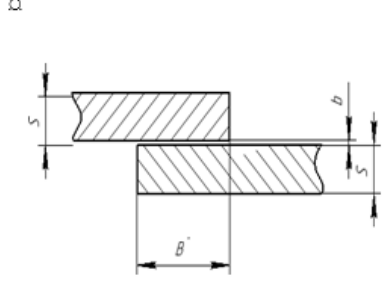
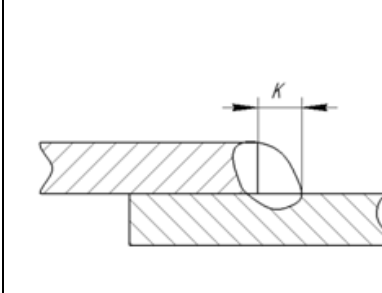
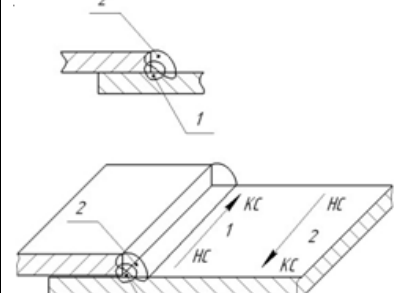
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

Таблица 2. – Геометрические размеры сварных соединений, мм и количество проходов (слоев) шва N.

Параметр	S	N	E		g	
			Номин.	Пред. Откл.	Номин.	Пред. Откл.
Значение	10	2	14	+2,0 -2,0	1,0	+1,0 -2,0

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

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр проволоки, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Расход газа (смеси) в сварочной горелке, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8
№ 1	1,6	no	180...220	26...28	12...29	20...30	15...20
№ 2	1,6	no	220...280	28...30	12...29	20...30	15...20

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107

Лист

83

Технологические требования к сварке:

Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А18: ВДУ-1250 + Сварог MIG 3500 (N222)

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от кромок разделки пластин на ширину не менее 40 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: прихватки выполняются способом сварки РДС, длина прихватки 50 ± 10 шаг 150 ± 10 , электроды УОНИ 13/45, УОНИ 13/55 диаметром 4,0 мм при силе сварочного тока 130 - 160 А напряжение на дуге 22 – 26 В,

Защита сварочной ванны/защита корня шва: газовая защита.

Газ/флюс: Двуокись углерода 1-го сорта по ГОСТ 8050–85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Детали формирования корня шва: нет

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ 34347-2017	100%
Измерительный	ГОСТ 3242-79		100%
Капиллярный	РД26-11-01-85		100%

Разработчик: _____ /Сухачев А.В./

Приложение Б
Графическая часть

					<i>ПГУ. ВКР. 15.03.01.19М0107</i>	<i>Лист</i>
						85
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		