

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

Факультет
машиностроения и транспорта
(наименование)

Кафедра
Сварочное, литейное производство
и материаловедение
(наименование)

Направление подготовки

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование)

Профиль

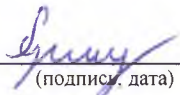
«Оборудование и технология
сварочного производства»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

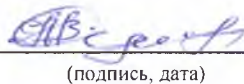
«Разработка технологии сборки и сварки теплообменника Т - 101 из
стали 09Г2С»

Студент

 15.06.18
(подпись, дата)

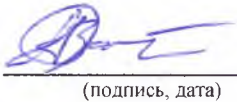
Таланин А.А. (фио полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент

 15.06.18
(подпись, дата)

Семушкин А.В.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

 18.06.18
(подпись, дата)

Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 09.06.18 № 11)

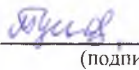
Заведующий кафедрой

 18.06.2018г.
(подпись, дата)

Логинов О.Н.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГЭК от 18.06.2018 № 10)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

 18.06.2018г.
(подпись, дата)

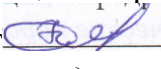
Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2018

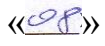
ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ТРАНСПОРТА
КАФЕДРА «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой СЛПиМ

к.т.н., доцент  О.Н. Логинов

подпись

«»  2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студентке гр. 14МО1 Факультета машиностроения и транспорта Политехнического института ПГУ, очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Таланину Артему Андреевичу.

Научный руководитель работы: к.т.н., доцент Семушкин А.В.

Время выполнения ВКР: с 08.12.2017 г. по 01.07.2018 г.

Место преддипломной практики: кафедра «Контроль и испытания материалов» ПГУ.

Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки теплообменника Т-101 из стали 09Г2С.

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 1253/О от 08 декабря 2017 г.

Техническое задание на работу:

- спроектировать сварную конструкцию корпуса теплообменника;
- разработать технологию сборки и сварки корпуса теплообменника;
- спроектировать средства технологического оснащения;
- замена конического перехода.

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;
- анализ объекта производства;
- проектирование и расчет элементов конструкции;
- разработка технологии сборки и сварки;
- контроль качества сварных соединений;
- проектирование средств технологического оснащения;
- заключение – выводы и обоснования по теме работы и полученным результатам.

**Графическая часть бакалаврской работы (перечень и содержание пла-
катов)**

- | | |
|--|--------|
| - общий вид корпуса теплообменника T-1 | 1л А1; |
| - технические требования и характеристики теплообменника T-101 | 1л А1; |
| - детализовка | 1л А1; |
| - схема сборки и сварки корпуса теплообменника T-101 | 1л А1; |
| - технологические параметры режимов сварки | 1л А1; |
| - методы контроля качества и КСС | 1л А1; |
| - сборочный стенд (гидроскоба) | 1л А1. |

Рекомендуемая литература:

1. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия
ГОСТ Р 52630–2012. - Введ. 2013-04-01. - М.: ИПК издательство стандартов, 2015.
- II, 128 с.: ил.

2. Ракитина С. Г. Проектирование и применение технологической
оснастки в сборочно - сварочном производстве [Текст]: учебное пособие. /
С.Г. Ракитина. - П.: ПГУ, 2006. - 224 с.

2. 3. О безопасности оборудования, работающего под избыточным дав-
лением [Текст]: ТР ТС 032–2013. - Введ. 2013-05-02. - СПб.: ТД ЦОТ, 2018. - 60
с.: ил.

Дата выдачи задания: 08.12.2017 г.

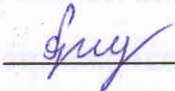
Руководитель ВКР:

к.т.н, доцент

 А.В. Семушкин

Задание к исполнению принял студент

гр. 14МО1

 А.А. Таланин

08 декабря 2017 г.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета машиностроения и транспорта

Политехнического института ПГУ

ОПОП освоена в полном объеме.
К государственной итоговой
аттестации допустить

С.Ю. Киреев

Аннотация

Выпускная квалификационная содержит 67 с., 6 рис., 27 табл., 22 использованных источника, 2 прил. Графическая часть из 7 листов формата А1.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ, КОРПУС, СТАЛЬ, МАТЕРИАЛ, ОБЕЧАЙКА, ДНИЩЕ, ШОВ

Объектом исследования является теплообменник Т-101 из стали 09Г2С.

Предметом исследования является разработка технологии сборки и сварки теплообменника.

В ходе проектирования были поставлены следующие задачи:

- спроектировать сварную конструкцию корпуса теплообменника;
- разработать технологию сборки и сварки корпуса теплообменника;
- спроектировать средства технологического оснащения;
- замена конического перехода.

В данной выпускной квалификационной работе была усовершенствована технология сварки путем замены ручной дуговой сварки покрытыми электродами на механизированную сварку в среде защитного газа и автоматическую сварку под слоем флюса. Изменен конический переход на штампованный, что позволило снизить толщину металла корпуса (обечаек) до 25 мм. В процессе работы проводился анализ и выбор необходимой информации из нормативных документов.

Область применения – теплообменник служит для передачи тепловой энергии от одной среды к другой через ограждающую поверхность.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Корпус теплообменника Т-101 из стали 09Г2С	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Таланин А.А.						67	
Пров.		Семущкин А.В.							
Н.Контр.		Хорин А.В.				Каф. СЛПМ гр.14М01			
Утв.		Логинов О.Н.							

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта производства.....	6
1.1 Служебное назначение и описание конструкции изделия.....	6
1.2 Литературно – патентное исследование.....	6
1.3 Техническая характеристика теплообменника и технические требо- вания к изготовлению корпуса теплообменника.....	8
1.4 Оценка свариваемости основных материалов конструкции.....	11
1.5 Анализ технологичности конструкции корпуса теплообменника....	12
2 Проектирование и расчет элементов конструкции изделия.....	15
3 Разработка технологии сборки и сварки изделия.....	23
3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления изде- лия.....	23
3.2 Выбор способа получения заготовок.....	23
3.3 Выбор и обоснование способов сборки и сварки изделия.....	26
3.4 Выбор сварочных материалов.....	29
3.5 Расчет параметров режимов сварки.....	31
3.6 Выбор сварочного оборудования.....	48
3.7 Техника и технология сборки и сварки изделия.....	51
4 Контроль качества сварных соединений.....	58
5 Проектирование средств технологического оснащения.....	60
Заключение.....	64
Список используемых источников.....	65
Приложение А.....	68
Приложение Б.....	84

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

/лист

Введение

Развитие производства и технологический процесс в промышленности неразрывно связаны с постоянной модернизацией сварочного производства. Широкое использование сварки при проектировании и изготовлении различных изделий значительно расширяет производственные возможности и позволяет получить существенную экономию материалов и затрат труда. Изготовление сварных металлоконструкций позволяет уменьшить удельные капиталовложения на единицу продукции, сократить длительность производственного цикла, улучшить качество изделий.

Современная техника весьма широко использует различные способы сварки металлов. Задачи технолога в сварочном производстве – уметь выбирать рациональные решения вопросов в сфере сварочного производства при его проектировании и технологической подготовке определяющие пригодность изделий к эксплуатации. Выбор рационального решения технологом сварочного производства основывается на четком определении термина «сварка», знании основных особенностей сварных конструкций, определении термина дефект, группы дефектов, способов обнаружения дефектов, величины дефектов, влияние дефектов на прочность сварных соединений.

ОСТ 2601-84 [1] «Сварка металлов. Термины и определения основных понятий» определяет термин сварка следующим образом:

Сварка – это процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями, при их местном или общем нагреве и (или) пластическом деформировании.

Неразъемное соединение при сварке получается за счет установления межатомных или межмолекулярных связей и диффузии. Сварное соединение металлов характеризуется непрерывностью структур.

Основные особенности сварных конструкций:

– монолитность, т.е., органическая связь отдельных элементов друг с дру-

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ				Лист

гом, создаваемая сварными швами;

- легкость придания разнообразных конструктивных форм;
- возможность использования заготовок выполненных с применением любых техпроцессов;
- возможность применения в одной конструкции различных материалов;
- наличие взаимного влияния друг на друга конструкции и технологии ее изготовления;
- возникновение в сварном соединении различных неоднородностей вследствие доведения свариваемых кромок до плавления (при сварке плавлением) или до пластического состояния (при сварке давлением); в первом и во втором случае в сварном соединении образуются зоны с различным химическим составом металла, с различной структурой, с различными свойствами; к этому может добавиться и геометрическая неоднородность, вызванная как заданными конструктивными формами, так и технологией выполнения сварки;
- появление остаточных деформаций и напряжений в сварной конструкции, как следствие возникновения при сварке пластических деформаций.

Важнейшим условием обеспечения качества сварных соединений является прогрессивная технология и постоянное совершенствование системы контроля качества.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ					Лист

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Корпус теплообменника входит в состав установки, представляющей собой двухъярусную конструкцию, состоящую из двух горизонтальных сосудов, в состав которых кроме корпуса входят: трубчатка, камера и штуцера различного назначения.

Верхний ярус корпуса в сборе с камерой и трубной решеткой устанавливается горизонтально на опоры, приваренные к верхним подкладным листам нижнего яруса корпуса, и приваренных к подкладным листам корпуса верхнего яруса.

1.2 Литературно – патентное исследование

Под литературно – патентными исследованиями понимается исследование технического уровня и тенденции развития объектов техники и патентной чистоты.

Цель проведения патентных исследований – получение исходных данных для обеспечения высокого уровня и конкурентоспособности объектов техники,

использование современных научно – технических решений.

Глубина (ретроспективность) поиска – это количество лет, по которым будет вестись поиск, отсчитываемое от года, в котором он ведется.

Широта поиска – это список определенных стран, по которым предполагается вести поиск.

Источники информации выбирают, исходя из установленных глубины и широты поиска, учитывая при этом реальную доступность этих источников. Необходимо, чтобы источники позволяли вести поиск по всем выбранным странам и по всей выбранной глубине.

Дата составления регламента поиска – 3.05.2018г.

Наименование работы: «Разработка технологии сборки и сварки корпуса теплообменника Т-101 из стали 09Г2С».

Цель поиска: нахождение патентной и научно – технической информации, для исследования технического уровня и тенденций развития технологии сварки корпуса теплообменника из стали 09Г2С.

Начало поиска: 5.05.2018. Завершение поиска – 20.05.2018.

Предмет поиска: технология сварки корпуса теплообменника из стали 09Г2С.

Страны поиска: Россия.

Ретроспективность: 10 лет.

Наименование информационной базы (фонда): Патентные фонды: ФИПС.

Поиск выполнен в соответствии с заданием. Цель поиска информации – изучить технический уровень и тенденции развития технологии сварки низколегированной углеродистой стали. Результаты поиска приведены в таблице 1.1.

Исходя из результатов поиска, выбираем наиболее подходящую технологию: «Способ сварки и наплавки под флюсом». Выбираем автоматическую сварку под слоем флюса.

Выбор данного вида сварки, обосновывается тем, что современный технический уровень в области сварки корпусов теплообменников идет в сторону про-

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ					Лист

гресса, а, следовательно, повышения уровня автоматизации сварочных процессов, совершенствования оборудования и сварочных материалов.

Таблица 1.1 – Патентные исследования

Предмет поиска (Объект исследования). Его составные части	Страна выдачи, вид и номер охранного документа. Классификационный индекс МПК	Заявитель (патентообладатель), страна, дата приоритета, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
Технология сварки корпуса теплообменника Т-101 из стали 09Г2С	СССР, <i>RU-96109256 B23K9/8</i>	Ветер В.В., Россия, приоритет 6.05.1996, публикация 20.01.1998	«Способ сварки и наплавки под слоем флюса» [2]
	Россия, <i>RU 2512702 Cl, B23K9/18</i>	Мастенко В.Ю. Россия, приоритет 01.03.2013, Публикация 10.04.2014	«Сварочная головка» [3]
	Россия, <i>RU 2509717 Cl, B23K9/73</i>	Зернин Е. А., Россия, приоритет 04.05.2012. публикация 20,03.2014	«Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов» [4]

После проведения патентных исследований цель достигнута: определен технический уровень в сфере сборки и сварки аппаратов химического машиностроения, найдена патентная информация.

1.3 Техническая характеристика теплообменника и технические требования к изготовлению корпуса теплообменника

Технические характеристики теплообменника Т-101 из стали 09Г2С приведены в таблице 1.2.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ				
					Лист				

Таблица 1.2 – Техническая характеристика теплообменника Т–101 из стали 09Г2С

Наименование параметров		Значения параметров
Объем внутренний, м ³		12,4
Давление	Рабочее, МПа	6,3
	Расчетное, МПа	6,3
Пробное давление	Гидравлическое, МПа	7,875
Расчетная температура стенки, °С		100
Минимальная допустимая отрицательная температура стенки, находящаяся под давлением, °С		минус 55
Допустимая сейсмичность, балл		6
Наименование рабочей среды		газ углеводородный
Основной материал		09Г2С
Рабочая температура	На входе, °С	минус 12...минус 1
	На выходе, °С	23... 35
Расчетный срок службы, лет		20
Число циклов нагружения за весь срок службы		не более 1000
Габаритные размеры аппарата, не более	Диаметр максимальны, мм	1520,0
	Длина, мм	11760,0
	Ширина, мм	1805,0
	Высота, мм	4385,0

Технические требования к изготовлению корпуса теплообменника.

Требования к изготовлению корпуса теплообменника регламентируются по ГОСТ Р 52630–2012 [5].

Корпус теплообменника Т–101 согласно ГОСТ Р 52630–2012 относится к 1–ой группе сосудов.

Корпус подконтролен Ростехнадзору. Техническое освидетельствование корпуса производится в соответствии с требованиями ТР ТС 032–2013 [6].

К конструкции корпуса предъявляются следующие требования:

Изнв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изнв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

– конструкция корпуса должна быть технологичной, надежной в течении предусмотренного технической документацией срока службы, обеспечивать безопасность при изготовлении, монтаже и эксплуатации, предусматривать возможность осмотра, очистки, промывки, продувки и ремонта, а так же обеспечивать возможность термообработки предусмотренной чертежом;

– расчет на прочность корпуса следует проводить в соответствии с действующей нормативно-технической документацией;

– группа сосудов определяется по таблице №1 по ГОСТ Р 52630–2012.

К днищам и переходам предъявляются следующие требования:

– основные размеры эллиптических днищ должны соответствовать ГОСТ 6533–78 [7];

– для отбортованных и переходных элементов сосудов расстояние от начала закругления отбортованного элемента до окончательно обработанной кромки в зависимости от толщины стенки отбортованного элемента принимается для толщины корпуса 25 мм не менее $\sqrt{2+25}$.

К материалам корпуса предъявляются следующие требования:

– материалы корпуса по химическому составу и механическим свойствам должны удовлетворять требованиям ТУ и ГОСТ Р 52630–2012;

– качество и характеристики материалов должны подтверждаться предприятием – поставщиком в соответствующих сертификатах;

– при выборе материалов для изготовления сосудов (корпуса) должны учитываться: расчетное давление, рабочий диапазон температуры стенки, химический состав и рабочая среда, технологические свойства и коррозионная стойкость металла;

– при выборе материалов для сосудов, предназначенных для установки на открытой площадке, должна учитываться абсолютная минимальная температура наружного воздуха для данного района, в случае, если температура стенки сосуда может стать отрицательной от воздействия окружающего воздуха, когда сосуд находится под давлением.

Изн.	№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изн.	№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

В этом случае качество выбранного материала должно соответствовать при внутреннем объеме сосуда более 10 м³ и средней температуры наиболее холодной пятидневки от минус 41 до минус 60 °С стали марки 09Г2С по ГОСТ 5520–79 [8].

К паковкам предъявляются следующие требования:

- размеры поковки должны соответствовать чертежу с припусками на механическую обработку, технологическими напусками и допусками на точность изготовления в соответствии с ГОСТ 7062–90 [9];
- качество поверхности, механические свойства поковок, допускаемые дефекты и методы устранения дефектов должны соответствовать требованиям указанным в ГОСТ 8479–70 [10];
- поковки, работающие под давлением не выше 6,3 МПа, должны подвергаться ультразвуковой дефектоскопии при наличии этого требования в техническом проекте.

1.4 Оценка свариваемости основных материалов конструкции

Корпус теплообменника изготавливается из листовой стали марки 09Г2С – 8 толщиной 25 мм в соответствии с ГОСТ 5520–79, сталь поставляется термообработанной с гарантированными качествами и свойствами.

Химический состав и механические свойства стали приведены в таблице 1.3 и 1.4.

Таблица 1.3 – Химический состав стали 09Г2С по ГОСТ 5520–79

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
Содержание, %	0,12	0,5... 0,8	1,3... 1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,3	до 0,08

Изнв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изнв. № дубл.	Подп. и дата	<p>ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ</p>					Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Таблица 1.4 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19281–2014

[11]

Параметр	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
Значение	265,0...345,0	430,0...490,0	до 21

Группы свариваемости стали:

- хорошо свариваемые, $C \leq 0,24\%$;
- удовлетворительно свариваемы, $0,25 \leq C < 0,3\%$;
- плохо свариваемые, $0,3 \leq C < 0,4\%$;
- ограниченно свариваемые, $C \geq 0,4\%$.

Сталь 09Г2С относится к группе хорошо свариваемых сталей. Она не склонна к образованию горячих трещин и закалке при сварке. Способы сварки применяемые для данной стали: ручная дуговая, аргонодуговая сварка под флюсом и газовой защитой, электрошлаковая сварка.

1.5 Анализ технологичности конструкции корпуса теплообменника

Конструкция сосудов и аппаратов должна быть технологичной.

Конструктивной особенностью корпуса теплообменника является его геометрическая неоднородность.

Корпус по исходному варианту состоит из:

- обечайка диаметром 1200 мм ($S = 30$ мм) – 7 шт.
- обечайка диаметром 1400 мм ($S = 30$ мм) – 1 шт.
- переход конический ($S = 30$ мм) – 2 шт.
- фланец корпусной (поковка гр. IV-KXI245 по ГОСТ 8479-70) – 1 шт.
- днище эллиптическое – 1 шт.

В данной работе с целью повышения технологичности корпуса предлага-

Изм.	№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

ется:

- переход конический, изготавливаемый из листа толщиной 30 мм, заменить на переход из отбортованной обечайки, изготавливаемый из листа толщиной 25 мм;
- обечайку диаметром 1400 мм, толщиной 30 мм заменить на обечайку диаметром 1400 мм, толщиной 25 мм;
- заменить угловые соединения с тупым углом приварки конических переходов толщиной 30 мм к обечайкам диаметром 1200 мм ($S = 25$ мм) и диаметром 1400 мм ($S = 30$ мм) на стыковые соединения:

Применение отбортованных переходов вместо конических снижает толщину металла перехода и обечайки диаметром 1400 мм, снижает массу этих деталей и общий вес корпуса на 275 кг; Применение стыковых соединений приварки отбортованных переходов повышает надежность сварного соединения;

- с целью обеспечения безопасных условий работы сварщика применить соединения типа С21 ГОСТ 8713–79 [12] с раскрытием кромок наружу с выполнением корневого шва механизированной сваркой в среде углекислого газа методом *STT*.

Конструктивные особенности корпуса теплообменника, снижающие его технологичность:

- малый диаметр обечаек (диаметр 1200 мм);
- неоднородность диаметров (диаметр 1200 мм и диаметр 1400 мм);
- затруднительное применение автоматической сварки под слоем флюса внутренних швов сварочными автоматами из-за стесненного положения сварщика;
- увеличение трудоемкости сборочных работ из-за неоднородности диаметров корпуса и фланца;
- необходимость модернизации стандартного сборочно – сварочного оборудования.

Неоднородность деталей корпуса ограничивает применение для сварки на-

Изнв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изнв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Auctm

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

2.Проектирование и расчет элементов конструкции изделия

Расчет толщины стенки обечайки теплообменника производится по формуле [13]:

$$\delta = \frac{PD}{2,3 [\sigma]\varphi} + c, \quad (2.1)$$

где P – расчетное (избыточное) внутреннее давление, МПа;

D – диаметр оболочки, мм;

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

φ – коэффициент прочности сварных швов;

c – прибавка к расчетной толщине стенки, компенсирующая минусовой допуск проката (вводится только для стенок толщиной не более 20 мм).

Расчет допускаемых напряжений производится по формуле [13]:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_m}{n}, \quad (2.2)$$

где n – коэффициент запаса прочности;

σ_m – предел текучести материала, МПа.

Принимаем коэффициент прочности для автоматической сварки $\varphi = 1,0$; коэффициент запаса прочности $n = 1,6$; предел текучести материала $\sigma_m = 310$ МПа для стали 09Г2С по ГОСТ 5520–79.

Расчет допускаемых напряжений по формуле 2.2.

$$[\sigma] = \frac{310}{1,6} = 193,75 \text{ МПа}$$

Рассчитаем толщину обечайки теплообменника по формуле 2.1.

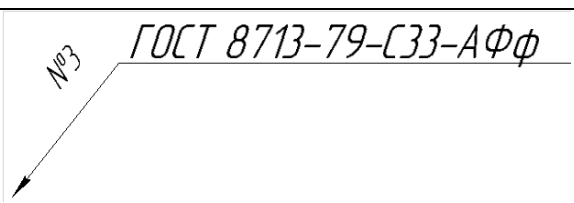
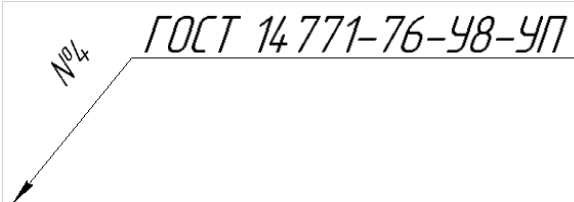
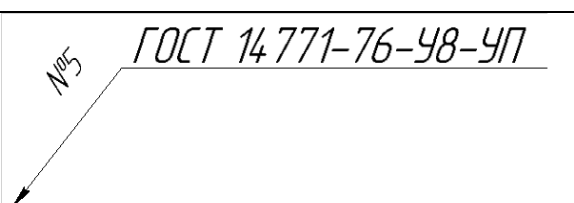
$$\delta = \frac{6,3 \cdot 1200}{2,3 \cdot 193 \cdot 75 \cdot 1} = 24,24 \text{ мм}$$

Принимаем $\delta = 25$ мм, что соответствует сортаменту ГОСТ 19903–2015 [14].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

$$\delta = \frac{PD}{4[\sigma]\varphi} \cdot \frac{D}{2h}, \quad (2.3)$$
$$\delta = \frac{PD}{4[\sigma]\varphi} \cdot \frac{D}{2h} = \frac{6,3 \cdot 1200}{4 \cdot 193,75 \cdot 1} \cdot \frac{1200}{2 \cdot 300} = 19,5 \text{ мм}$$

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3
3	Продольный стык обечайки	
4	Штуцер с обечайкой	
5	Штуцер с днищем	

Конструкция кромок стыковых соединений № 1, 2 регламентируются требованиями по ГОСТ 8713–79 и соответствует типу соединения С21 согласно рисунку 2.1.

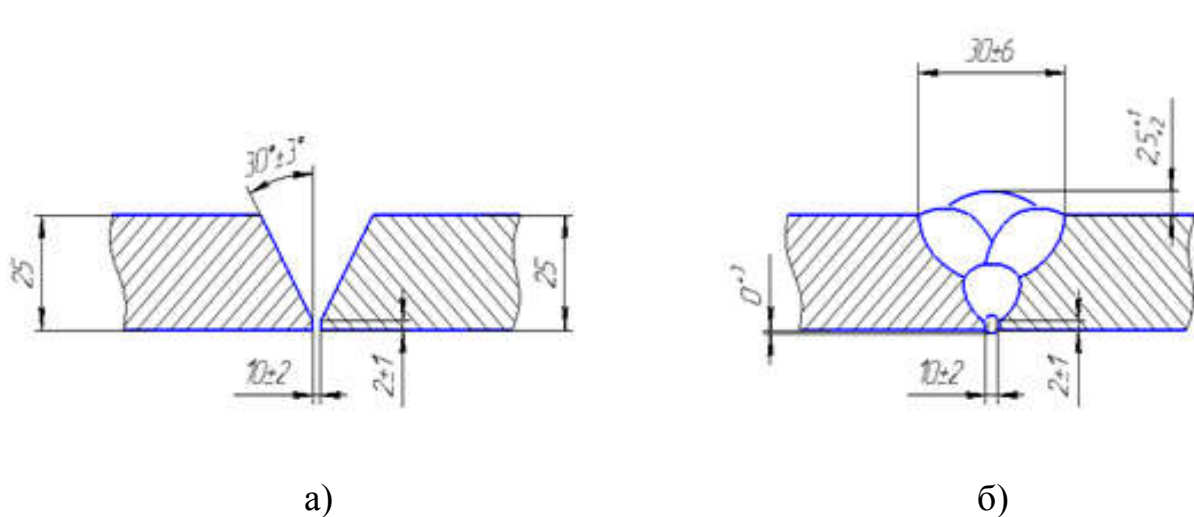


Рисунок 2.1 – Конструктивные элементы сварного соединения С21 по ГОСТ 8713–79: а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Конструкция кромок углового соединения № 4, 5 приварки штуцеров к обечайке корпуса и днищу регламентируется требованиями ГОСТ 14771–76 [15] и соответствует типу соединения У8 согласно рисунок 2.2.

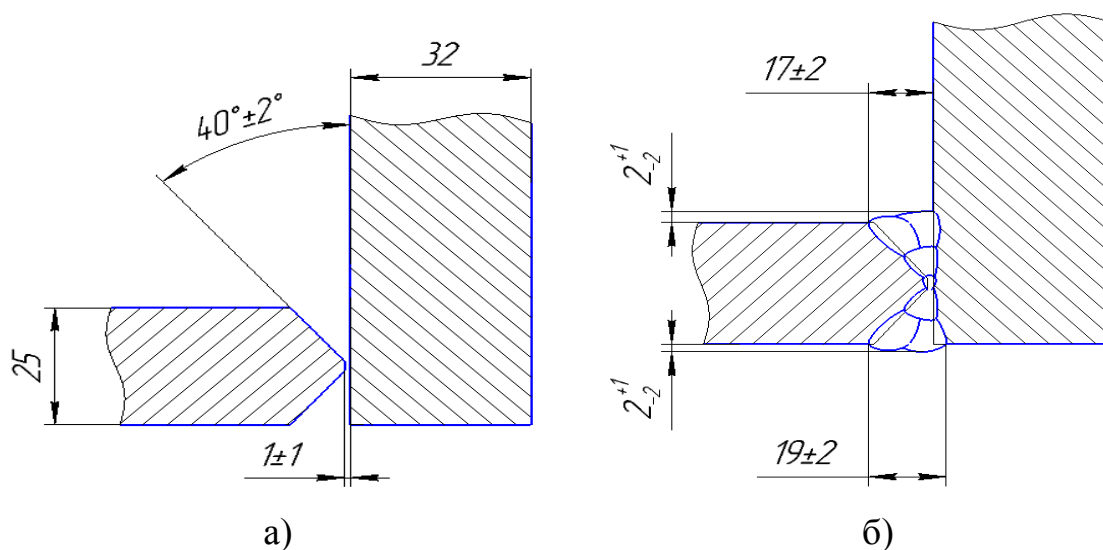


Рисунок 2.2 – Конструктивные элементы сварного соединения У8 в соответствии с ГОСТ 14771-76: а) – эскиз соединения; б) – эскиз шва

Необходимо провести проверку прочности сварного соединения исходя из условия [13]:

$$\sigma \leq [\sigma],$$

Расчет предела прочности сварного соединения № 1 приварки днища к обечайке [13]:

$$\sigma = \frac{N}{F}, \quad (2.4)$$

где σ – предел прочности сварного соединения, МПа;

N – продольная нагрузка, МПа;

F – площадь поперечного сечения шва, мм².

$$\sigma = \frac{11277000}{25 \cdot 3848} = 117,2 \text{ МПа}$$

Продольная нагрузка определяется по формуле [13]:

$$N = P \cdot \Pi, \quad (2.5)$$

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

где P – расчетное давление, МПа;

Π – расчетная площадь поверхности, мм².

Площадь поперечного сечения шва определяется по формуле [13]:

$$F = \delta \cdot L_{\text{ш}}, \quad (2.6)$$

где δ – толщина стенки, мм;

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

Площадь поверхности эллиптического днища, на которое действует избыточное давление $\Pi = 1790000 \text{ мм}^2$ в соответствии с ГОСТ 6533-78.

$$N = 6,3 \cdot 1790000 = 11277 \text{ кН}$$

Длина кольцевого шва определяется по формуле:

$$L_{\text{ш}} = \pi \cdot D_{\text{ср}}, \quad (2.7)$$

где $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр, мм.

$$L_{\text{ш}} = \pi \cdot 1225 = 3848 \text{ мм}$$

Подставим полученные значения в условие прочности.

$$117,2 \leq 193,75 \text{ МПа}$$

Расчетный предел прочности не превышает допустимого значения предела прочности.

Проверка прочности сварного соединения №4 исходит из условия [13]:

$$\tau \leq [\tau],$$

Проверка прочности сварного углового соединения № 4 приварки штуцеров к корпусу по формуле [13]:

$$\tau = \frac{N}{F}, \quad (2.8)$$

где τ – напряжение на срез в угловом сварном соединении, МПа;

$[\tau]$ – допускаемое напряжение на срез, МПа;

N – продольная нагрузка, МПа;

F – площадь поперечного сечения шва, мм.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ
					Лист

Допускаемое напряжение на срез определяется по формуле [13]:

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot [\sigma], \quad (2.9)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение, МПа.

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,65) \cdot 193,75 = 97 \dots 126 \text{ МПа}$$

Площадь поперечного сечения шва определяется по формуле [13]:

$$F = \beta \cdot h_{\text{III}} \cdot l_{\text{III}} \cdot 2, \quad (2.10)$$

где β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва;

$$h_{\text{III}} - \text{толщина углового шва, мм.}$$

Принимаем коэффициент определения расчетной толщины углового шва $\beta = 0,85$.

Толщина углового шва определяется по формуле [13]:

$$h_{\text{III}} = \sqrt{e^2 + g^2}, \quad (2.11)$$

где e – ширина шва, мм;

g – ВЫСОТА ШВА, ММ.

Принимаем $e = 17$ мм; $g = 2$ мм.

$$h_{\text{III}} = \sqrt{17^2 + 2^2} = 17,1 \text{ mm}$$

Длину рассчитываемого сварного шва находим по формуле 2.7.

$$L_{\text{III}} = \pi \cdot 262 = 823 \text{ mm}$$

$$F = 0,85 \cdot 17,1 \cdot 2 \cdot 813 = 23633,91 \text{ mm}^2$$

Продольная нагрузка определяется по формуле 2.5.

Расчетная площадь углового шва приварки штуцера [13]:

$$\Pi = \pi \cdot \frac{D_{\text{III}}^2}{2}, \quad (2.12)$$

где $D_{\text{ш}}$ – диаметр штуцера, мм.

$$\Pi = \pi \cdot \frac{262^2}{2} = 107826 \text{ мм}^2$$

$$N = 6,3 \cdot 107826 = 680 \text{ кН}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

3 Разработка технологии сборки и сварки изделия

3.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления изделия

Исходными данными для разработки технологического процесса корпуса теплообменника являются рабочий чертеж корпуса теплообменника и технологические требования к сборке, сварке и контролю качества по ГОСТ Р 52630–2012.

Исходя из особенностей конструкции корпуса теплообменника, его неоднородности сборка элементов конструкции производится следующим образом:

- сборка сварка эллиптического днища со штуцером;
- сборка корпусного фланца с переходами и обечайкой диаметром 1400 мм – узел № 1;
- сборка эллиптического днища с обечайками (7 шт.) диаметром 1200 мм в сборе – узел № 2;
- сборка узла № 1 с узлом № 2. Сварка корпуса;
- сборка и сварка штуцеров с корпусом;
- контроль сварных швов.

3.2 Выбор способа получения заготовок

В данной работе предполагается изменить конструкцию переходов. В заводском варианте в качестве перехода используется конус из листа толщиной 30 мм. Предлагается изготовить переходы методом отбортовки обечайки диаметром 1200 мм и высотой 355 мм до диаметра 1400 мм, изготавливаемой из листа толщиной 25 мм.

Это даст такие преимущества, как:

- снижение количества швов (до 1 – го);

Изм.	№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

- снижение массы заготовки;
- снижение трудоемкости;
- повышение надежности сварных швов.

Недостатком данного предложения является:

- изготовление перехода по кооперации.

Фланец корпуса теплообменника изготавливается методомковки и представляет собой поковку 4 группы.

Изготовление фланца производится по кооперации с последующей механической обработкой на предприятии изготовителя.

Обечайки корпуса изготавливаются из листа 25×1250×12000 и 25×1900×10000 мм путем вырезки с применением машины газокислородной резки с последующей подгибкой кромок на подкладном листе, вальцовкой по диаметру 1200 и 1400 мм, сваркой продольных швов, калибровкой, контролем качества.

Днище эллиптическое с высотой борта изготавливается методом штамповки и кооперации. Механическая обработка производится на заводе изготовителя корпуса теплообменника.

Гибка (вальцовка) обечаек производится на гибочной машине 367П, технические характеристики которой указаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Технические характеристики листогибочной машины 367П

Наименование параметров	Значение параметров
Наибольшая ширина изгибаемого листа, мм	2500,0
Наибольшая толщина изгибаемого листа, мм	25,0
Наименьший радиус гибки, мм	300,0
Скорость гибки, м/мин	7,15
Диаметр верхнего вала, мм	270,0
Габаритные размеры, мм	7695,0×2350,0×2620,0
Масса, кг	4100,0
Мощность, кВт	58,2

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Отбортовка обечайки перехода и штамповка эллиптического днища производится по кооперации на гидравлическом прессе *Erfurt PKnVT VI 800 FS*. Его технические характеристики приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 Технические характеристики гидравлического прессы *Erfurt PKnVT VI 800 FS*

Наименование параметров	Значение параметров
Максимальное усилие, Т	800,0
Внутренний ход ползунка, мм	800,0
Наружный ход ползунка, мм	630,0
Максимальная закрытая высота, мм	500,0
Минимальная закрытая высота, мм	355,0
Число ходов в минуту	16
Размер стола, мм	3150,0×2100,0
Внутренний размер ползуна, мм	2500,0×1600,0
Наружный размер ползуна, мм	3150,0×2100,0

Вырезки отверстий под штуцера производятся газокислородной резкой резаком «Факел», технические характеристики которого приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 Технические характеристики резака «Факел» для газокислородной резки

Наименование параметров	Значение параметров
Толщина разрезаемой стали, мм	3...100
Рабочее давление для кислорода, МПа	0,3...1,4
Расход кислорода, л	0,3...0,42
Габариты (L), мм	535,0

Раскрой листового проката производится на машине газокислородной резки ПМКРМ «Магнит». Технические характеристики представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 Технические характеристики машины газокислородной резки ПМКРМ «Магнит»

Наименование параметров	Значение параметров
1	2

Изн. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Изн. № дубл.
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Продолжение таблицы 3.4

1	2
Рабочая зона, мм	1900,0×2500,0...120000,0
Толщина разрезаемого листа, мм	8,0...200,0
Скорость перемещения, мм/мин	50...6000
Параметры питающей сети	220В, 50Гц
Максимальная потребляемая мощность машины, кВт	Не более 0,1
Габаритные размеры, мм	2000,0×1500,0×400,0
Масса машины, кг	Не более 60,0

3.3 Выбор и обоснование способов сварки изделия

Цель сборочной операции – обеспечение правильного взаиморасположения и закрепления деталей.

Взаиморасположение деталей задается разметкой или специальными приспособлениями (фиксирующие и закрепляющие элементы, трубины, стяжки, распорки, домкраты, универсальные сборочно-сварочные приспособления) [17].

Для установки и поворота свариваемых изделий применяются [17]:

- неповоротные приспособления (плиты, кондукторы и т.д.);
- поворотные устройства (манипуляторы, вращатели, кантователи, роликовые стенды).

Рассмотрим причины выбора и обоснование методов сборки.

1. Выполнение максимального объема работ в стационарных (заводских) условиях (стационарный метод сборки) [17].

Преимущества:

- возможность организации поточного производства;
- специализация рабочих мест;
- механизация работ;
- более полная загрузка механизмов;
- исключается влияние климатических условий;

- выполнение работ в наиболее удобном для рабочего положении;
- исключается влияние климатических условий;
- выполнение работ в наиболее удобном для рабочего положении»
- улучшение качества изготовления;
- повышение производительности труда.

2. Групповой метод изготовления конструкции с расчленением конструкции при изготовлении на отдельные простейшие элементы и узлы [17].

Преимущества:

- изделие изготавливается в наиболее удобном для сварки положении;
- упрощается приспособление по их форме и устройству;
- расширяются возможности применения механизированных способов сборки и сварки;
- облегчаются мероприятия по борьбе со сварочными деформациями.

Для сборки корпуса теплообменника применим стационарный метод изготовления, производится последовательная сборка элементов.

Выбор и обоснование предполагаемых вариантов сварки производится исходя из:

- анализа технической и организационной целесообразности применения технологии сварки;
- анализа характеристик (производственно – технологических, эксплуатационных) сварочного оборудования в сравнении с другим оборудованием для получения тех же конечных результатов;
- экономического анализа сопоставляемых вариантов;
- анализа значимости сварочной технологии, нового сварочного оборудования для получения тех же конечных результатов.

Техническая целесообразность различных способов сварки предусматривает:

- выявление возможности изготовления и эксплуатации сварной конструкции в полном соответствии с ТУ и ТТ (ГОСТ, ОСТ, СНИП), а так же требо-

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист

ваниям чертежа и свойствами конструкционных материалов, применяемых в конструкции;

- определение преимуществ и недостатков рассматриваемых видов сварки и сварочной техники с точки зрения их соответствия прогрессивным направлениям развития сварочной технологии;

- соответствие габаритных размеров сварочных головок и размеров свариваемых изделий.

Организационная целесообразность применения способов сварки предусматривает:

- установление возможности изготовления требуемого количества изделий в заданные сроки при существующих производственных мощностях цехов (участках).

Социальная значимость способа сварки включает:

- облегчение труда сварщика, за счет увеличения доли механизированных способов сварки в общем объеме работ, уменьшение протяженности сварных швов, выполняемых в неудобных пространственных положениях и в труднодоступных местах;

- обеспечение безопасности труда;

- улучшение экологических условий труда;

- повышение культуры производства (дизайн в оформлении оборудования, одежды, организационной оснастки, рабочего места и т.д.).

Для сборки и сварки корпуса теплообменника используются такие способы сварки как:

- ручная дуговая сварка для выполнения прихваток при сборке деталей и узлов;

- механизированная сварка в среде углекислого газа для сварки подварочного шва стыковых кольцевых соединений корпуса теплообменника и вварки штуцеров в корпус;

- автоматическая сварка под слоем флюса для сварки продольных швов

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

обечаек и наружных кольцевых швов корпуса.

3.4 Выбор сварочных материалов

Для сварки применяются сварочные материалы в соответствии с ГОСТ, ОСТ и правилами.

Выбор сварочных материалов производится исходя из [17]:

- свойств конструкционных материалов (механических, специальных) и химического состава;
- способа сварки;
- технических условий и технических требований к изготовлению изделия (температура, давление, среда, скорость коррозии, срок эксплуатации и т.д.);
- технической характеристики применяемого сварочного оборудования (диаметр проволоки, скорость подачи, скорость сварки);
- свойств сварочных материалов, обеспечивающих получение сварных соединений соответствующих требованиям чертежа или технического условия;
- технологических свойств сварочных материалов (вид покрытия, кислотность флюса, вид флюса по способу получения, способы легирования металла шва, рода применяемого тока, свойств защитного газа);
- стабильности процесса сварки (устойчивость дуги, условия легирования);
- требования термической обработки и других дополнительных технологических приемов;
- стоимости сварочных материалов.

К сварочным материалам предъявляются следующие требования:

- сварочные материалы следует выбирать в зависимости от условий применения и свойств конструкционных материалов;
- сварочные материалы для сварки корпуса теплообменника должны удовлетворять требованиям стандартов на них и иметь сертификаты. При отсут-

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ
					Лист

ствии сертификатов сварочные материалы должны проверяться на соответствие требований стандартов на предприятии изготовителе изделия;

– покрытые металлические электроды для ручной дуговой сварки типов предусмотренных в ГОСТ 9467–75 [18] должны обеспечивать механические свойства металла шва и наплавленного металла в соответствии с требованием стандарта;

– при сварке корпуса теплообменника, работающего при температуре ниже минус 20 °С значение ударной вязкости наплавленного металла для стали 09Г2С по ГОСТ 5520–79 должно быть не менее 30 Дж/см² [5].

Исходя из условия эксплуатации аппарата (температура окружающей среды не ниже минус 60 °С) применяется электроды типа Э–50А марки УОНИ 13/55 ГОСТ 9467- 75.

Химический состав наплавленного металла и механические свойства металла шва, приведены в таблицах 3.7 и 3.8.

Таблица 3.7 – Химический состав наплавленного металла электродами УОНИ 13/55 [18]

Элемент	C	Mn	Si	S	P
Содержание, %	0,09	0,93	0,42	0,022	0,024

Таблица 3.8 – Механические свойства металла шва, выполненного электродами УОНИ 13/55 [18]

Наименование параметров	Значение параметров
Предел прочности, МПа	540,0
Предел текучести, МПа	410,0
Относительное удлинение, %	29,0
Ударная вязкость, Дж/см ²	200,0

Для механизированной сварки стали 09Г2С работающей при температуре от минус 41 до минус 70 °С применяется сварочная проволока св-08Г2С из ГОСТ 2246- 70 [19].

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

В качестве защитного газа применяется углекислый газ по ГОСТ 8050- 85 [20]. Химический состав газа приведен в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Химический состав углекислоты высшего сорта [20]

Наименование параметров	Значение параметров
Объемная доля углекислого газа, %	Не менее 99,8
Доля воды. %	нет
Содержание водяных паров, г/м ³	0,037

Химический состав проволоки св-08Г2С приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Химический состав проволоки св-08Г2С [19]

Элемент	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
Содержание, %	0,1	До 0,06	0,8...1,1	до 0,1	до 0,25	до 0,0025	до 0,03

Автоматическая сварка под слоем флюса стали 09Г2С работающей при температуре не ниже минус 60 °С производится сварочной проволокой св-08Г2С из ГОСТ 2246-70 и флюсом марки АН-348А по ГОСТ 9087-81[21].

Химическим состав флюса АН-348А приведен в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Химический состав флюса АН-348А [21].

Элемент	Оксид кремни	Оксид марганца	Оксид кальция	Оксид магния	Оксид алюминия
Содержание,%	40,0...44,0	31,0...38,0	До 12,0	До 7,0	До 6,0

3.5 Расчет параметров режимов сварки

В таблице 3.12 приведен перечень сварных швов, способы сварки и сварочных материалов.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Таблица 3.12 – Перечень сварных швов, способы сварки и сварочных материалов

№ С/Ш	Соединяе- мые элемен- ты	Способ сварки (прихват- ки)	Оборудование для сварки (прихватки)	Материал для сварки (прихватки)	Сварочные флюсы и за- щитные газы
1	2	3	4	5	6
1	Обечайка с обечайкой (днищем, переходом)	УП, АФк (РД)	А-1416 <i>Invertec STT II</i> (Форсаж – 315)	Св-08Г2С ГОСТ2246-70, УО- НИ 13/55 ГОСТ 9467-75	Двуокись уг- лерода ГОСТ 8050-85, Флюс АН348А ГОСТ 9087-81
2	Переход с фланцем	УП, АФк (РД)	А-1416 <i>Invertec STT II</i> (Форсаж – 315)	Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, УО- НИ 13/55 ГОСТ 9467- 75	Двуокись уг- лерода ГОСТ 8050-85, Флюс АН- 348А ГОСТ 9087-81
3	Продольный стык обе- чайки	АФф (РД)	А-1416 (Форсаж-315)	Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, УОНИ 13/55 ГОСТ 9467- 75	Флюс АН-348А ГОСТ 9087-81
4	Штуцер с обечайкой	УП (РД)	<i>Invertec STT II</i> (Форсаж-315)	Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, УОНИ 13/55 ГОСТ 9467-75	Двуокись уг- лерода ГОСТ 8050-85
5	Штуцер с днищем	УП (РД)	<i>Invertec STT II</i> (Форсаж-315)	Св-08Г2С ГОСТ 2246-70, УОНИ 13/55 ГОСТ 9467-75	Двуокись уг- лерода ГОСТ 8050-85

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Расчет режимов сварки сварного соединения № 1, 2.

Исходные данные:

- основной металл – сталь 09Г2С по ГОСТ 5520–79;
- толщина металла – $S = 25$ мм;
- сварочный флюс – АН–348А ГОСТ по 9087–81;
- сварочная проволока – Св–08Г2С по ГОСТ 2246–70;
- способ сварки – механизированная в среде защитного газа, автоматическая сварка под слоем флюса;
- тип соединения – стыковое, С 21 по ГОСТ 8713–79;
- тип шва – стыковой;
- положение шва – нижнее;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний.

Конструктивные элементы сварного соединения приведены на рисунке 3.1.

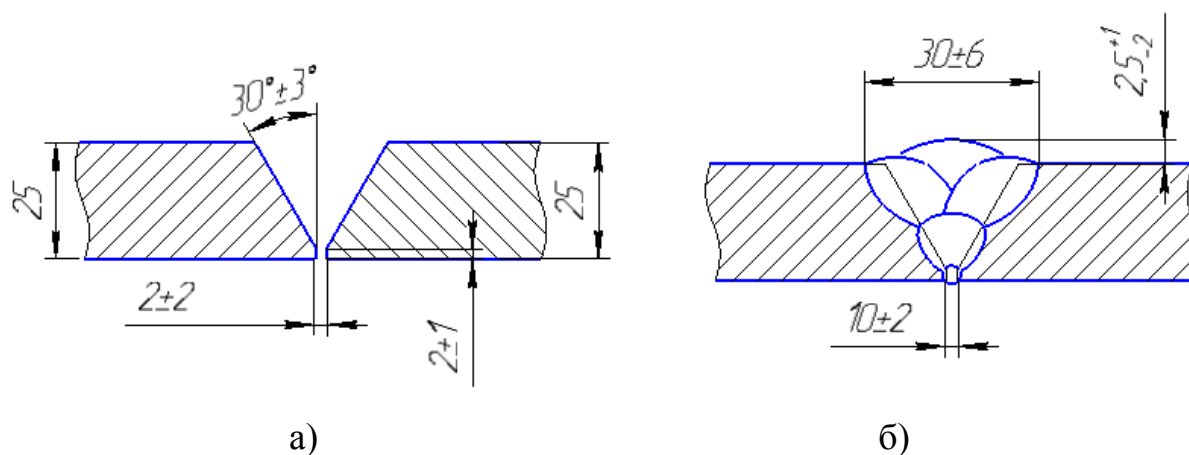


Рисунок 3.1 – Конструктивные элементы сварного соединения С 21 ГОСТ 8713–79, где: а) – эскиз соединения, б) – эскиз шва

Расчет режима сварки корневого шва.

Допускаемый сварочный ток $I_{св}$ для диаметра электрода $d_{эл} = 1,6$ мм в пределах 150...400 А. Для расчета принимаем $I_{св} = 200$ А.

Определяем скорость сварки [22]:

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ				Лист

$$v_{\text{св}} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{I_{\text{св}}}, \quad (3.1)$$

где $I_{\text{св}}$ - величина сварочного тока, А.

$$v_{\text{св}} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{200} = 25 \dots 40 \text{ м/ч}$$

Принимаем $v_{\text{св}} = 35 \text{ м/ч}$.

Коэффициент наплавки определяем по формуле [22]:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} \cdot \left(1 - \frac{\psi}{100}\right), \quad (3.2)$$

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

ψ – потери электродного металла вследствие окисления, испарения и разбрызгивания, %.

Обычно $\psi = 7 \dots 15\%$. Для расчета принимаем $\psi = 10\%$.

$$\alpha_{\text{р}} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{I_{\text{св}}}{d_{\text{эп}}}\right) \cdot 10^{-4}, \quad (3.3)$$

где $I_{\text{св}}$ - величина сварочного тока, А;

$d_{\text{эп}}$ – диаметр сварочной проволоки, мм.

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

$$\alpha_{\text{н}} = 35,8 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 11,6 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Для расчета принимаем $\alpha_{\text{н}} = 11,6 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$.

Определяем площадь наплавки по заданному катету шва [22]:

$$F_{\text{нм}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot v_{\text{св}}}, \quad (3.4)$$

где $I_{\text{св}}$ - величина сварочного тока, А;

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, г/А · ч;

$v_{\text{св}}$ – скорость сварки м/ч;

γ – плотность наплавленного металла, г/см³.

$$F_{\text{нм}} = \frac{11,6 \cdot 200}{3600 \cdot 7,8 \cdot 0,97} = 11 \text{ мм}^2 = 0,11 \text{ см}^2$$

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист

Определяем напряжение на дуге [22]:

$$U_{\text{Д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_{3\Pi}}} \cdot I_{\text{CB}} \pm 1, \quad (3.5)$$

где d_3 – диаметр сварочной проволоки, мм;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А.

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1,6}} \cdot 200 \pm 1 = 27 \dots 29 \text{ В}$$

Принимаем $U_{\text{д}} = 28 \text{ В}$.

Определяем коэффициент формы провара [22]:

$$\psi_{np} = K' \cdot (19 - 0,01 \cdot I_{CB}) \cdot \frac{d_{\text{эп}} \cdot U_d}{I_{CB}}, \quad (3.6)$$

где K' – коэффициент, который для постоянного тока обратной полярности.

При плотности тока равным или более 120 А/мм^2 равен $K' = 0,92$;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

d_3 – диаметр сварочной проволоки, мм;

U_d – напряжение на дуге, В.

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

Определяем погонную энергию [22]:

$$q_{\Pi} = \frac{I_{CB} \cdot U_A \cdot \eta}{v_{CB}}, \quad (3.7)$$

где $I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

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

η – КПД дуги;

v_{CB} – скорость сварки, м/ч.

Для механизированных способов сварки $\eta = 0,8 \dots 0,95$.

$$q_{\Pi} = \frac{200 \cdot 28 \cdot 0,8}{0,97} = 4618 \text{ Дж/см}$$

Определяем фактическую глубину провара для стыкового бессососного соединения [22]:

Определим коэффициент наплавке по формуле 3.2.

$$\alpha_{\text{H}} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{700}{5}\right) \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 12,67 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$v_{CB} = \frac{12,67 \cdot 700}{0,8 \cdot 7,8 \cdot 100} = 14,2 \text{ м/ч}$$

$V_{CB} = 3,9$ мм/с, что меньше нижнего предела допустимых скоростей для флюса АН-348А. Необходимо ввести корректировку или по току, увеличив его, или по площади наплавки, уменьшив ее.

Принимаем $I_{CB} = 800$ А.

$$\alpha_{\text{H}} = \left(8,3 + 0,22 \cdot \frac{800}{5}\right) \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 14,1 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

$$V_{CB} = \frac{14,1 \cdot 800}{0,8 \cdot 7,8 \cdot 100} = 17,96 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{CB} = 18 \text{ м/ч}$ или $V_{CB} = 5 \text{ мм/с}$ что соответствует требованиям для флюса АН-348А.

Определяем скорость подачи проволоки по формуле 3.12.

$$V_{\text{п.п.}} = \frac{4 \cdot 14,1 \cdot 800}{3 \cdot 14,5^2 \cdot 7,8} = 73,6 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{п.п.} = 74 \text{ м/ч.}$

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле 3.5.

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{50,5} \cdot 800 \pm 1 = 37 \dots 39 \text{ В}$$

Принимаем $U_{\text{д}}=38$ В.

Определяем количество проходов по формуле [22]:

$$n_{\Pi} = \frac{F_{\text{HM}} \cdot F_{\text{H}}}{F_{\text{H3}}}, \quad (3.15)$$

где $F_{\text{нм}}$ – площадь сечения корневого прохода, мм²;

 F_H площадь наплавленного металла, мм²;
$$F_{\text{нз}}$$
 площадь наплавленного металла за проход, мм².

Площадь наплавленного металла определяется в данном случае суммой двух площадей фигур имеющих грани под углом 30° , плюс площадь зазора и валика [22]:

$$F_{\text{нм}} = f^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot a \cdot S + 0,73 \cdot b \cdot c,$$

Где $b = 2f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + a + (4 \dots 6)$, мм;

$C=3$ мм.

$$b = 2 \cdot 32 \cdot 0,4663 + 2 + 4 = 30 \text{ мм}$$

Ширина шва и высота валика соответствуют требованиям ГОСТ 9713-79 для соединения С21.

$$F_{\text{нм}} = 22^2 \cdot 0,4663 + 2 \cdot 25 + 0,73 \cdot 30 \cdot 3 = 338,4 \text{ мм}^2$$

$$n_{\text{п}} = \frac{338,4 - 23}{80} + 1 = 3,98$$

Принимаем $n_{\text{п}} = 4$.

Всего количество проходов с учетом корневого шва

$$\sum n = n_{\text{п}} + n_{\text{подвар}} = 4 + 1 = 5$$

Расчет режимов сварки сварного соединения № 3.

Исходные данные:

- основной металл – сталь 09Г2С по ГОСТ 5520–79;
- толщина металла – $S = 25$ мм;
- сварочный флюс – АН–348А по ГОСТ 9087–81;
- сварочная проволока – Св–08Г2С по ГОСТ 2246–70;
- способ сварки – автоматическая сварка под слоем флюса;
- тип соединения – стыковое, С33 по ГОСТ 8713–79;
- тип шва – стыковой;
- положение шва – нижнее;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний.

Конструктивные элементы сварного соединения приведены на рисунке

3.2.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Изн.	№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата
<p>ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ</p>											

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица 3.13 – Допустимая плотность тока для электродов

Диаметр электродной проволоки, мм	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
Допускаемая плотность тока, А/мм ²	90...400	65...200	45...90	35...60	30...50	25...45

$$d_{\text{эп}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{500}{40}} = 3,99 \text{ мм}$$

Определяем скорость сварки по формуле 3.1:

$$V_{CB} = \frac{(12 \dots 16) \cdot 10^3}{500} = (32 \dots 40) \text{ м/ч}$$

Полученный предел скорости сварки соответствует рекомендуемому 4...16 мм/с при использовании флюса АН-348А.

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{40,5} \cdot 500 \pm 1 = 32,5 \text{ B}$$

Определение коэффициента формы провара по формуле 3.6.

$$\Psi_{np} = 0,745 \cdot (19 - 0,01 \cdot 500) \cdot \frac{4 \cdot 33}{500} = 2,75$$

$$q_{\Pi} = \frac{500 \cdot 33 \cdot 0,9}{0,89} = 16685,4 \text{ Дж/см}$$

Определяем фактическую глубину провара для стыкового бескосного соединения по формуле 3.8.

$$h_{\phi} = 7,6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{16685,4}{2,75}} = 0,59 \text{ cm}$$

Определяем ширину шва для стыкового бескосного соединения по формуле 3.9.

$$b = 2,75 \cdot 5,9 = 16,2 \text{ mm}$$

Определяем коэффициент расплавления сварочной проволоки по формуле 3.3.

$$\alpha_p = \left(8,3 = 0,22 \cdot \frac{500}{4} \right) \cdot 10^{-4} = 0,0358 \text{ r/A} \cdot \text{c}$$

Коэффициент наплавки определяется по формуле 3.2.

$$\alpha_{\text{H}} = 0,0358 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) \cdot 10^{-4} = 11,6 \text{ г/А} \cdot \text{ч}.$$

Определяем площадь наплавки по формуле 3.4.

$$F_{\text{HM}} = \frac{11,6 \cdot 500}{3600 \cdot 7.8 \cdot 0.89} = 0,23 \text{ cm}^2$$

Определяем высоту шва для стыкового бескосного соединения по формуле 3.10.

$$c = \frac{23}{0,73 \cdot 16,2} = 0,196 \text{ cm}$$

Принимаем для расчетов $c = 2$ мм.

Определяем высоту заполнения разделки с учетом зазора в стыке по формуле [22]:

$$f = \sqrt{\frac{F_{\text{HM}} - H \cdot a}{\tan \frac{\alpha}{2}}} \text{ mm}, \quad (3.19)$$

где a – зазор в стыке, мм;

H – общая высота шва, $H = h + c$, мм;

F_{nm} – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход при установленной скорости перемещения дуги, мм.

$$V_{CB} = \frac{14,1 \cdot 800}{0,8 \cdot 7,8 \cdot 100} = 17,96, \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{CB} = 18 \text{ м/ч}$ или $V_{CB} = 5 \text{ мм/с}$ что соответствует требованиям для флюса АН-348А.

Определяем скорость подачи проволоки по формуле 3.12.

$$V_{\text{п.п.}} = \frac{4 \cdot 14,1 \cdot 800}{3 \cdot 14,5^2 \cdot 7,8} = 73,6 \text{ м/ч}$$

Принимаем $V_{п.п.} = 74 \text{ м/ч.}$

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле 3.5.

$$U_D = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{50,5} \cdot 800 \pm 1 = 37 \dots 39 \text{ B}$$

Принимаем $U_{\text{д}}=38 \text{ В.}$

Площадь наплавленного металла определяется по формуле [22].

$$F_{\text{HM}} = 22^2 \cdot 0,4663 + 2 \cdot 25 + 0,73 \cdot 30 \cdot 3 = 338,4 \text{ мм}^2$$

Определяем количество проходов по формуле 3.15.

$$n_p = \frac{338,4 - 23}{80} + 1 = 3,98$$

Принимаем $n_p = 4$.

Всего количество проходов с учетом корневого шва

$$\sum n = n_p + n_{\text{подвар}} = 4 + 1 = 5$$

Расчет режимов сварки сварного соединения № 4, 5.

Исходные данные:

- основной металл – сталь 09Г2С по ГОСТ 5520–79;
- толщина металла– $S = 32, 25, 12$ мм;
- защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050–85;
- сварочная проволока – Св–08ГС по ГОСТ 2246-70;
- способ сварки – механизированная в среде защитного газа;
- тип соединения – угловое, У8 по ГОСТ 14771–76;
- тип шва – угловой;
- положение шва – нижнее;

– тип шва по количеству проходов – многопроходный двусторонний.

Конструктивные элементы сварного соединения приведены на рисунке 3.3.

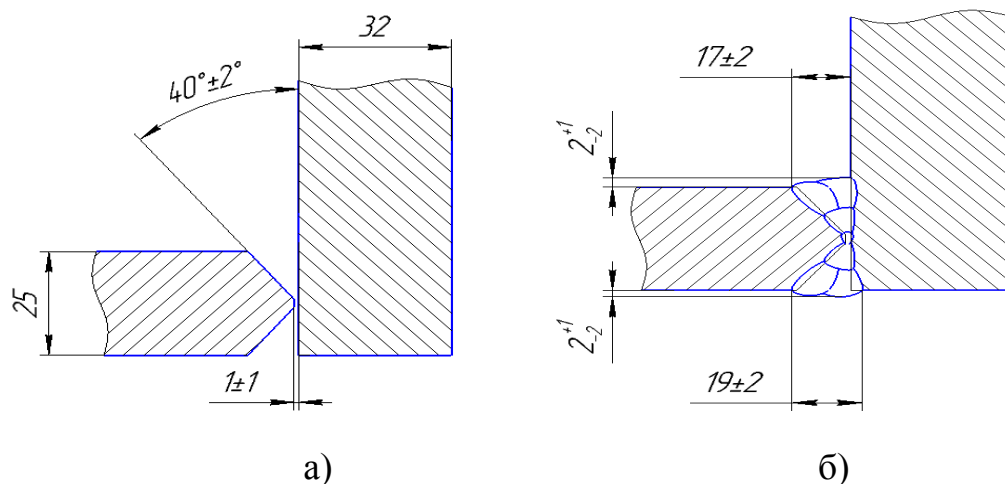


Рисунок 3.3 – Конструктивные элементы сварного соединения У8
ГОСТ 14771–76, где: а) – эскиз соединения, б) – эскиз шва

Корневой шов выполняется на тех же режимах что и для соединений № 1, 2, 3.

Расчет режимов сварки последующих проходов.

Выбор диаметра электродной проволоки.

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволоки в среде углекислого газа, применяем проволоку диаметра 2 мм.

Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра электрода по таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Допускаемая величина сварочного тока при сварке в среде углекислого газа в зависимости от диаметра электродной проволоки

d_n , мм	0,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
$I_{св}$, А	25...70	50...130	70...180	100...240	150...400	200...500	300...700
Расстояние от изделия, мм	5,0...15,0	5,0...15,0	6,0...18,0	8,0...18,0	15,0...25,0	15,0...25,0	20,0...40,0

Изм.	№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

принятый способ сварки в технологическом процессе;

- размеры изделия (длина швов);
- производительность;
- качество сварных соединений;
- технические и экономические показатели сварочного оборудования;
- тип производства.

К техническим показателям сварочного оборудования относятся: производственно – технологические и эксплуатационные показатели.

К производственно-технологическим показателям относятся:

- общая и структурная трудоемкость изготовления;
- вес, общая и структурная материалоемкость;
- прочие показатели технологичности (экономические показатели: цена отпускная, себестоимость, капитальные вложения в производство оборудования).

К эксплуатационным показателям относятся:

- технический уровень (номинальная мощность, количество фаз, пределы регулирования сварочного тока), напряжение, надежность;
- эргономическая и эстетическая характеристика оборудования.

При выборе оборудования в первую очередь производят анализ эксплуатационных, а затем производственно-технологических показателей.

Учитывая конструктивные особенности корпуса теплообменника, свойства стали 09Г2С, протяженность сварных швов и способы сварки их, а также производительность процесса, эксплуатационные показатели сварочного оборудования, свойства применяемых сварочных материалов для сварки корпуса теплообменника применяем следующее сварочное оборудование:

- для РДС применяется сварочный аппарат «ФОРСАЖ-315»;
- для автоматической сварки под слоем флюса применяется сварочный автомат А-1416 с источником питания ВДУ-1250 с плогопадающей внешней характеристикой;

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ					Лист

– для механизированной сварки в среде защитного газа применяется сварочный полуавтомат *Invertec STT II*.

Для сварки конструкции корпуса теплообменника исходя из требований, предъявляемых к прочности сварных швов элементов конструкции из стали 09Г2С–8 ГОСТ 5520–79, применяются электроды типа Э50А ГОСТ 9497–75 с фтористо – кальциевым покрытием основного типа, сварка которыми производится на постоянном токе обратной полярности во всех пространственных положениях. Источником питания вследствие этого может быть применен только источник питания постоянного тока. Для производства сварочных работ при сборке и сварке корпуса теплообменника применяется многопостовой переносной источник питания «ФОРСАЖ-315», технические характеристики которых указаны в таблицах 3.15.

Таблица 3.15 – Техническая характеристика «ФОРСАЖ – 315»

Наименование параметров	Значения параметров
Электропитание	трехфазная сеть переменного тока
U, В	380
Частота, Гц	50
Потребляемая мощность от сети. КВ–А	5, не более
Напряжение холостого тока, В	70
Максимальный сварочный ток, А	315
Минимальный сварочный ток, А	30

Для АФ оборудуется сварочный пост, в который входят [17]:

- роликовый стенд для сварки кольцевых швов, служащий для поворота корпуса теплообменника при сварке с необходимой скоростью;
- велотележка с балконом, служащая для расположения сварочного автомата и сварщика при сварке наружных кольцевых швов;
- сварочный автомат;
- источник сварочного тока.

Сварка корпуса теплообменника производится от выпрямителя

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

ВДУ – 1250 с падающей внешней характеристикой, техническая характеристика которого указана в таблице 3.16.

Таблица 3.16 – Техническая характеристика ВДУ – 1250.

Наименование параметров	Значения параметров
U питающей сети , В	3×380
Номинальный сварочный ток, А (ПВ %)	1250
Пределы регулирования сварочного тока, А	250...1250
Номинальное рабочее напряжение, В	44
Напряжение холостого хода, В	55
Потребляемая мощность, кВт	73
Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	790,0×610,0×410,0
Масса, кг	520,0

Сварка производится на обратной полярности. Автомат для сварки А-1416 технические характеристики которого указаны в таблице 3.17.

Таблица 3.17 – Техническая характеристика сварочного автомата А-1416.

Наименование параметров	Значения параметров
1	2
Напряжение питающей трех фазной сети , В	380
Номинальный сварочный ток , А	1000
Диаметр электродной проволоки , мм	1,2...5
Скорость подачи электродной проволоки , м/час	47...509
Диапазон ступенчатого регулирования скорости сварки, м/ч	12...120
Регулировка угла наклона электрода (мундштука), град	±25 ручное
Маршевая скорость перемещения сварочной головки, м/ч	950

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Таблица 3.18- Технические характеристики сварочного полуавтомата
Invertec STT II

3.7 Техника и технология сборки и сварки изделия

а) сборка сварных соединений может проводиться с зазором в стыке и без зазора;

b.1) необходимо выдерживать линейные размеры изделия;

б.2) требования к точности заготовки детали уменьшаются;

в.3) отпадает операция подгонки кромок по месту;

в.4) зазор увеличивает глубину проплавления, что требует применения мероприятий предотвращающих прожог металла.

Последовательность сборки и сварки корпуса теплообменника, корпус которого изображен на рисунке 3.4.

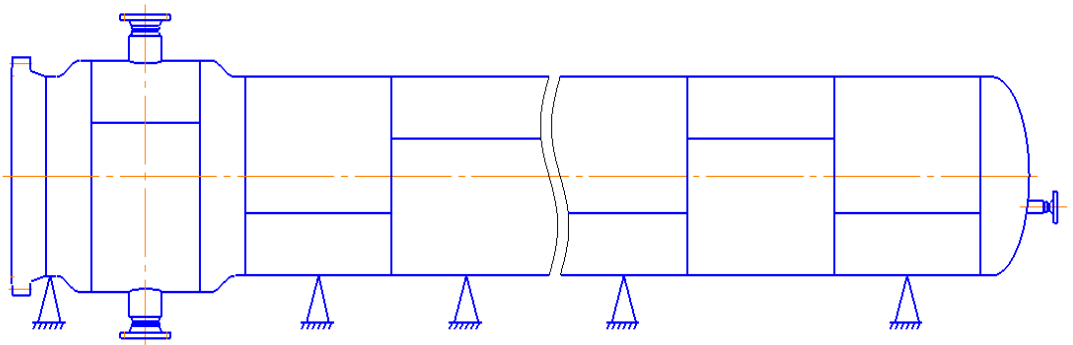


Рисунок 3.4 – корпус теплообменника Т-101 из стали 09Г2С

Сборка секции №1.

Состав секции: фланец позиция 3 – 1 шт.; переход позиция 4 – 2 шт.; обечайка позиция 2 – 1 шт.

Последовательность сборки:

- подать фланец на сборочную плиту, закрепить, обезжирить свариваемые кромки (мостовой кран, инструмент сборщика, уайт – спирит);
- пристыковать к фланцу поз. 3 переход поз.4 выдержав зазор в стыке согласно чертежу, предварительно приварив к переходу грузоподъемные ушки. Стыкуемую кромку перехода зачистить с трех сторон от окалины, ржавчины и др. загрязнений. Прихватить РДС. Длина прихватки 60 мм, шаг 200 мм. Электроды УОНИ 13/55 – диаметром 4 мм, ток сварочный 140 – 160 А. напряжение на дуге 22 В, полярность обратная. Оббить шлак (мостовой кран, гидравлический центратор. инструмент сборщика, источник питания ФОРСАЖ–315);
- пристыковать обечайку поз. 2 – 1 шт. к переходу поз. 4 – 1 шт., выдер-

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ					Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

жав зазор в стыке согласно чертежу, предварительно приварив к обечайке грузоподъемные ушки 2 шт. Стыкуемые кромки перехода и обечайки зачистить предварительно с трех сторон от окалины, ржавчины и других загрязнений. Прихватить РДС. Длина прихватки 60 мм, шаг 200 мм. Электроды УОНИ 13/55 – диаметром 4 мм, ток сварочный 140 – 160 А, напряжение на дуге 22 В, полярность обратная. Оббить шлак (мостовой кран, гидравлический центратор, инструмент сборщика, источник питания ФОРСАЖ–315);

– пристыковать к обечайке поз. 2 переход поз. 4 – 1 шт., выдержав зазор в стыке согласно чертежу, предварительно приварив к переходу грузоподъемные ушки 2 шт. Стыкуемые кромки перехода и обечайки зачистить предварительно с трех сторон от окалины, ржавчины и др. загрязнений. Прихватить РДС. Длина прихватки 60 мм. шаг 200 мм. Электроды УОНИ 13/55 – диаметром 4 мм, ток сварочный 140 – 160 А. напряжение на дуге 22 В, полярность обратная. Оббить шлак (мостовой кран, гидравлический центратор, инструмент сборщика, источник питания ФОРСАЖ-315);

– удалить грузоподъемные ушки газокислородной резкой, места уластить до металлического блеска.

Сборка секции №2.

Состав секции: обечайка поз. 1 – 7 шт.; секция № 1: эллиптическое днище поз. 5 – 1 шт.; штуцер поз. 6 – 1 шт.

Последовательность сборки:

– подать днище на сборочную плиту, предварительно приварив грузоподъемное ушко 1 шт. РДС. (мостовой кран, источник питания ФОРСАЖ- 315);

– разметить днище под выставку штуцера поз. 6 – 1 шт (инструментразметчика);

– вырезать отверстие диаметра 262 мм газокислородной резкой. Снять фаски, выдержав размеры согласно чертежу. Оббить грат. Зачистить свариваемые кромки до металлического блеска (резак для ручной газокислородной резки, инструмент слесаря);

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

– выставить штуцер поз. 6 на днище поз. 5, выдержав размеры согласно чертежу. Прихватить в трех местах. Длина прихватки 40 мм. Электроды УОНИ 13/55 – диаметр 4 мм. ток сварочный 140–160 А, напряжение на дуге 22 В, полярность обратная. Оббить шлак. Зачистить ОШЗ от брызг металла (инструмент сборщика, инструмент сварщика, источник питания ФОРСАЖ–315);

– пристыковать днище поз. 5 в сборе со штуцером поз. 6 к обечайке поз. 1 выдержав размеры согласно чертежу. Прихватить РДС, Длина прихватки 60 мм, шаг 200 мм. Электроды УОНИ 13/55 – диаметр 4 мм, ток сварочный 140 – 160 А, напряжение на дуге 22 В, полярность обратная. Оббить шлак. Зачистить ОШЗ от брызг металла (инструмент сборщика, инструмент сварщика, источник питания ФОРСАЖА–315);

– зачистить кромки обечаек поз. 1 с трех сторон от окалины, ржавчины и др. загрязнений, обезжирить. (инструмент сборщика, уайт – спирит);

– подать обечайку поз. 1 – 1 шт. на сборочный стенд, пристыковать обечайку к днищу выдержав зазоры согласно чертежу. Прихватить РДС. Длина прихватки 60 мм, шаг 200 мм. Электроды УОНИ 13/55 – диаметром 4 мм, ток сварочный 140 – 160 А, напряжение на дуге 22 В, полярность обратная. Оббить шлак. Зачистить ОШЗ от брызг металла (гидроскоба, инструмент сборщики, источник питания ФОРСАЖ-315);

– повторить предыдущую операцию при стыковке последующих обечаек поз. 1 – 6 шт.;

– передать собранную секцию на сварку кольцевых швов (мостовой кран, сварочный стенд);

– варить корневой шов кольцевых стыковых соединений корпуса наружной стороны. Количество швов 11. Сварочная проволока Св-08Г2С- диаметр 1,6 ГОСТ 2246–70. Углекислый газ ГОСТ 8050–85. Режимы: $I_{св} = 150...400$ А. $U_d = 27...29$ В, $V_{св} = 25...40$ м/ч. $V_{п.п.} = 140...160$ м/ч, расход газа 800...1000 л/ч. Зачистить поверхность шва и ОШЗ от шлака и брызг металла (инструмент сварщика, *Invenec STT II*);

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист

- варить заполняющие проходы кольцевых стыковых соединений корпуса с наружной стороны автоматической сваркой под флюсом. Проволока Св–О8Г2С– диаметр 5,0 ГОСТ 2246–70. Флюс АН–348А ГОСТ 9087–81. Режимы $I_{св} = 780...820$ А. $U_d = 37...39$ В, $V_{св} = 18...22$ м/ч. $V_{п.п.} = 700...900$ м/ч. Оббить шлак после каждого прохода (сварочный автомат А – 1416, сварочный стенд, инструмент сварщика, источник питания ВДУ – 1250);
- передать на сборочный стенд (мостовой кран);
- разметить корпус под выставку штуцеров поз. 7 – 2 шт., выдержав размеры согласно чертежу (инструмент разметчика);
- вырезать отверстия под выставку штуцеров поз. 7 – 2 шт. Снять фаски, выдержав размеры согласно чертежу. Оббить грат. Зачистить свариваемые кромки до металлического блеска (резак для ручной газокислородной резки, инструмент слесаря);
- вварить штуцера поз. 7 – 2 шт. Прихватить в трех местах. Длина прихватки 40 мм. Электроды УОНИ 13/55 – диаметр 4 мм. ток сварочный 140–160 А, напряжение на дуге 22 В, полярность обратная. Оббить шлак. Зачистить ОШЗ от брызг металла (инструмент сборщика, инструмент сварщика, источник питания ФОРСАЖ–315);
- контроль ОТК.

Для сборки сварных конструкций используют следующие приспособления и устройства [18]:

- а) фиксирующие и закрепляющие элементы (фиксаторы, прижимы);
- б) переносные приспособления (струбины, стяжки, распорки, домкраты, универсально-сборочные приспособления);
- с) сборочные устройства:
 - с.1) для плоско листовых конструкций (рольганги, плиты, пастели, рамы, кондукторы);
 - с.2) для цилиндрических конструкций (роlikоопоры, гидроскобы и т.д.).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Для установки и поворота свариваемых изделий применяются;

- неповоротные приспособления (стапели, плиты, кондукторы);
- поворотные устройства (манипуляторы, вращатели, контователк, роликовые стенды и т.п.).

Для сборки и сварки изделий используют универсальные приспособления.

На отдельных операциях применяют специальные приспособления.

Исходные данные для проектирования сборочно – сварочных приспособлений:

- чертеж изделия;
- технические условия на изготовление и приемку изделия;
- программа выпуска.

При выборе конструкций приспособлений необходимо учесть:

- способ подачи элементов в приспособление и предания им проектного положения;
- расположение опорных баз и прижимов;
- обеспечение удобства постановки прихваток;
- способы освобождения от закрепления и съем изделия.

Для сборки корпуса теплообменника применяется гидроскоба конструкции пензенского института ВНИИПТХИМАШ. Установка предназначена для сборки обечаек друг с другом, изготавливается в 6 исполнений роликового стенда, обеспечивающего длину собираемого корпуса до 14 м.

Техническая характеристика установки для сборки корпусов приведена в таблице 3.19.

Таблица 3.19 – Техническая характеристика установки для сборки корпуса (гидроскоба)

Название параметров	Значение параметров
1	2

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Продолжение таблицы 3.19

1	2
Толщина собираемой стенки, мм	До 30,0
Диаметры собираемых изделий, мм:	
обечайки с обечайкой	800...3600
днища с обечайкой	1200...3600
Мощность привода, кВт	
Габаритные размеры (Ш×В×Д), мм	2300×2070×13720
Масса, кг	15680

<i>Инв. № подл.</i>	<i>Подп. и дата</i>	<i>Взам. инв. №</i>	<i>Инв. № дубл.</i>	<i>Подп. и дата</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>
<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ</i>				

4 Контроль качества сварных соединений

Основной задачей технического контроля является выявление недопустимых дефектов сварных швов и указания метода их исправления, а так же проведения профилактических мероприятий предупреждающих возникновение дефектов [20].

ГОСТ Р 52630–2012 предусматривает методы контроля корпуса теплообменника изложенные в таблице 4.1.

Таблица 4.1- Методы контроля

Метод контроля, вид испытания	НД на методику контроля	НД на оценку качества
ВИК	ГОСТ 3242–72	ГОСТ Р 52630–2012, ТР ТС 032–2013, ПБ 03–584–03
УЗД	ГОСТ Р 55724–2013	
Растяжение и статический изгиб	ГОСТ 6996–66	
Гидравлический	РД 24.200.11–90	

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

Визуальный контроль и измерение следует проводить в доступных местах с двух сторон по всей протяженности шва.

Механическим испытаниям следует подвергать стыковые сварные соединения, определяющие прочность сосуда.

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

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

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата	<div>ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ</div> <div>Изм Лист № докум. Подп. Дата</div>	Лист

Гидравлическому испытанию подлежат все сосуды после их изготовления [5].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

5 Проектирование средств технологического оснащения

Для сварки корпуса теплообменника предлагается использовать роликовый стенд Мб 1071 и велосипедную тележку ВТ–3 представленные на рисунке 5.1.

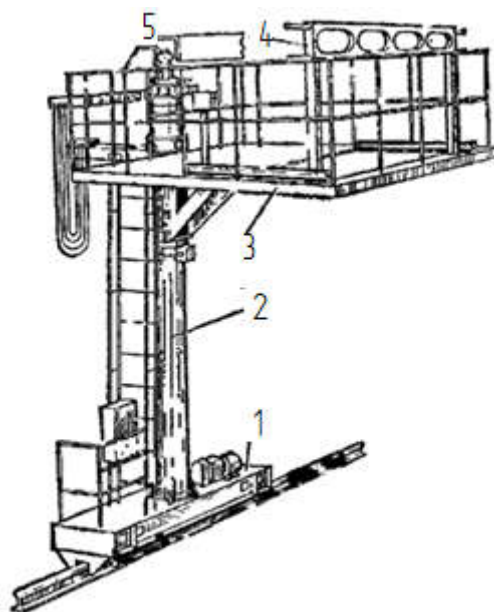


Рисунок 5.1 – Велосипедная тележка с балконом: 1– самоходная платформа; 2– стойка; 3– балкон; 4– направляющая для сварочного аппарата; 5 – верхний ролик

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

Приводная секция представляет собой раму, на которую установлены три приводных ролика опоры, имеющие общий привод вращения, управление приводом осуществляется от шкафа управления, закрепленного на раме. Технические характеристики роликового вращателя М61071 приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Технические характеристики роликового вращателя М61071

Название параметров	Значение
1	2

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист

Продолжение таблицы 5.1

1	2
Крутящий момент на оси вращения приводных роликов, Н·м, не менее	2000,0
Наибольшая грузоподъемность, кг	20000,0
Наружный диаметр роликов, мм	400,0
Диаметр свариваемых изделий, мм	
наибольший	4000,0
наименьший	40,0
Угловой люфт приводного ролика, градусы, не более (не более 3 мм на радиус 200 мм)	0,8
Скорость вращения приводных роликов об/мин	
наименьшая, не более	0,075
наибольшая, не менее	2,5
Что при ролике Ø 400 мм соответствует скорости вращения изделия, м/с	
наименьшей	0,0016
наибольшей (маршевой)	0,0523
Наибольшее отклонение сварочной скорости	4%
Количество приводных секций, шт.	1
Количество не приводных секций, шт.	1
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм	
Приводной	3350×695×560
Не приводной	2684×530×560
Масса, кг	1310,0
Род тока питающей сети	Переменный трехфазный
Частота тока, Гц	50,0
Напряжение, В	380,0
Установленная мощность, кВт, не более	3,0
Степень защиты по ГОСТ 1425480 шкафа управления	JP-32

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Технические характеристики велотележки ВТ- 3 приведены в таблице 5.2.

--

Таблица 5.2 – Технические характеристики велотележки ВТ- 3

Параметры	Значения
Высота уровня сварки, мм	2200,0...4800,0
Расстояние между осями стойки и электро- да, мм	2240,0...2440,0
Наибольшая длина швов, мм	2500,0
Скорость перемещения тележки, м/мин маршевая	10
	10
Габаритные размеры, мм	4500,0×3900,0×7000,0
Масса, кг	5300,0

Скорость сварки находим по формулам из расчета режимов сварки [22]:

$$v_{\text{св}} = 18 \text{ м/ч} = 0,3 \text{ м/мин}$$

Формула связывающая линейное и вращательное движение [22]:

$$v = \omega \cdot R,$$

где ω – угловая скорость вращения обечайки;

R – радиус обечайки, м.

Тогда формула скорости вращения обечайки на роликовом стенде будет выглядеть следующим образом [22]:

$$\omega = \frac{v_{\text{св}}}{R} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5 \text{ об/мин}$$

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

Изн. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изн. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Заключение

Основываясь на полученных во время обучения теоретических знаниях по сварочным и общетехническим дисциплинам, умении пользоваться нормативно – технической литературой, технической литературой и различными интернет источниками, в данной выпускной квалификационной работе был разработан процесс сборки и сварки горизонтального аппарата, а именно теплообменника, работающего под избыточным давлением, решены основные вопросы по его проектированию.

Проектируемый теплообменник был подробно рассмотрен, проанализирован в соответствии с нормативной документацией и предъявляемыми требованиями. На основе технических требований основным материалом была выбрана и назначена сталь 09Г2С.

Был проведен проектный расчет на прочность в условиях рабочего и пробного давления, в соответствии с расчетным давлением были назначены толщины стенок теплообменника и выбраны днища соответствующие геометрическим параметрам. Был проведен расчет сварных соединений на работоспособность, показавший, что заданные геометрические параметры верны.

В соответствии с назначенными материалами для теплообменника были подобраны и назначены соответствующие сварочные материалы, подходящие по химическому составу и механическими свойствами основному материалу. Осуществлен технологический расчет режимов сварки для пяти швов, а именно для продольного шва, двух кольцевых и двух угловых швов. Была предложена наиболее рациональная последовательность сборки и сварки корпуса.

Основываясь на сведениях технической документации, были назначены методы контроля качества проектируемого сосуда.

Учитывая габариты конструкции теплообменника, был осуществлен выбор сварочного и вспомогательного оборудования, повышающий автоматизацию процесса сборки и сварки, а так же повышающий производительность.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Список использованных источников

1. Сварка металлов. Термины и определения основных понятий [Текст]: ОСТ 2601–84. - Введ. 1985-05-01. - М.: ИПК издательство стандартов, 1996. - III, 57 с.: ил.

2. Способ сварки и наплавки под флюсом [Текст]: пат. 2096155 Рос. Федерация: МПК В23К 9/18 Ветер В.В.; заявитель и патентообладатель акционерное общество "Новолипецкий металлургический комбинат", общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие "Валок". - № 96109256/02; заявл. 06.05.1996; опубл. 20.06.1998. - 3 с: ил.

3. Сварочная головка [Текст]: пат. 2512702 Рос. Федерация: МПК В23К 37/02, В23К 9/18 Мастенко В.Ю.; заявитель и патентообладатель государственный научный центр Российской Федерации Открытое акционерное общество "Научно-производственное объединение "Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения" (ОАО НПО "ЦНИИТМАШ). – № 2013109125/02; заявл. 01.03.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 10. - 9 с: ил.

4. Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде патент защитных газов [Текст]: пат. 2509717 Рос. Федерация: МПК В 23 К 9/173, 82 В 3/00 Зернин Е.А. ; заявитель и патентообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Томский политехнический университет". – № 2012118699/02; заявл. 04.05.2012; опубл. 20.03.2014, Бюл. № 8. - 6 с: ил.

5. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия ГОСТ Р 52630–2012. - Введ. 2013-04-01. - М.: ИПК издательство стандартов, 2015. - II, 128 с.: ил.

6. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением [Текст]: ТР ТС 032–2013. - Введ. 2013-05-02. - СПб.: ТД ЦОТ, 2018. - 60 с.: ил.

Изнв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Изнв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

7. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры [Текст]: ГОСТ 6533–78. - Введ. 1978-10-26. - М.: государственный комитет СССР по стандартам, 1970. – 39 с.: ил.

8. Прокат листовой из углеродистой, низколегированной и легированной стали для котлов и сосудов, работающих под давлением [Текст]: ГОСТ 5520–79. - Введ. 1980-01-01. - М.: ИПК издательство стандартов, 2008. - IV, 17 с.: ил.

9. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски [Текст]: ГОСТ 7062–90, - Введ. 1992-01-01, - М.: ИПК издательство стандартов, 2003. - 50 с.: ил.

10. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 8479–70, - Введ. 1971-01-01, - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 120 с.: ил.

11. Прокат повышенной прочности. Общие технические условия [Текст]: ГОСТ 19281–2014, - Введ 2014 2015-01-01, М.: Стандартиформ, 2015, - 51 с.: ил.

12. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]: ГОСТ 8713–79, - Введ. 1981-01-01, М.: Стандартиформ, 2005, - IV, 39 с.: ил

13. Усатый С.Г. Проектирование сварных конструкций. Элементы расчета и технологии [Текст]: метод. указания к курсовому проектированию. / С.Г. Усатый. - П.: ПГУ, 2010. - 58 с.

14. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент [Текст]: ГОСТ 19903–2015, - Введ. 2016-09-01, М.: Стандартиформ, 2016, - 15 с.: ил.

15. Дкговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры [Текст]: ГОСТ 14771–76, -Введ. 1977-07-01, М.: Стандартиформ, 2007, - 39 с.: ил.

16. Анисимов Ю.А. Сварка в СССР [Текст]: том 1, учебник / Ю.А.Анисимов. - М.: Наука, 1981, 534 с.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист

17. **Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. Типы** [Текст]: ГОСТ 9467–75, - Введ. 1977-01-01, М.: ИПК Издательство стандартов, 2008, - 7 с.: ил.

18. **Проволока стальная сварочная. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 2246–70, - Введ. 1973-01-01, М.: ИПК Издательство стандартов, 2008, - 20 с.: ил.

19. **Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 8050–85, - Введ. 1987-01-01, М.: Стандартиформ, 2006, - 24 с.: ил.

20. **Флюсы сварочные плавные. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 9087–81, - Введ. 1982-01-01, М.: ИПК Издательство стандартов, 2002, - 11 с.

21. **Гордиевский В.Г. Технологическая подготовка сварочного производства** [Текст]: учебное пособие. / В.Г. Гордиевский. - П.: ПГУ, 2006. - 276 с.

22. **Ракитина С. Г. Проектирование и применение технологической оснастки в сборочно - сварочном производстве** [Текст]: учебное пособие. / С.Г. Ракитина. - П.: ПГУ, 2006. - 224 с.

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Приложение А

Инев. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

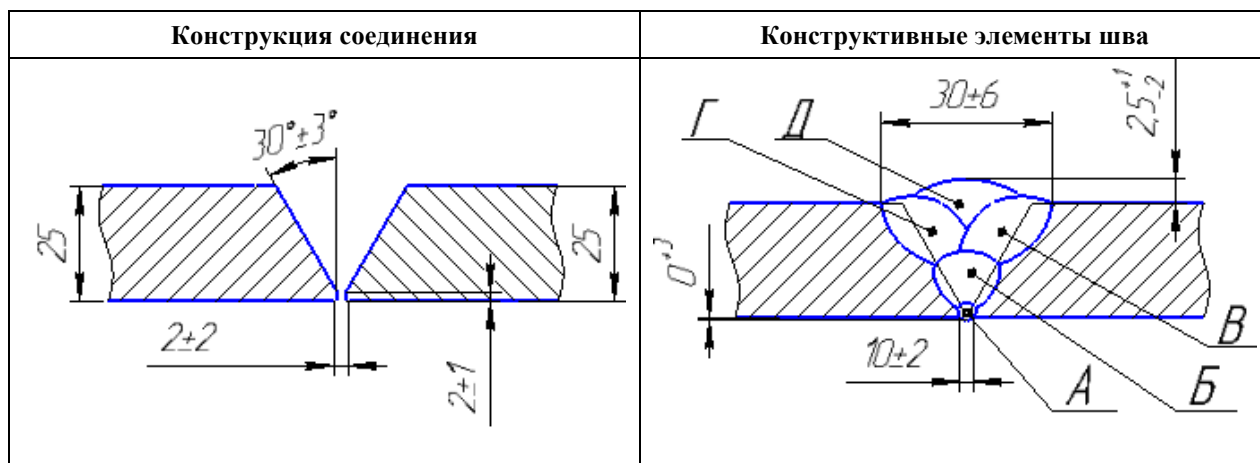
Лист

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 1

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ Р 52630–2012
2	Способ сварки	УП, АФк
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08Г2С
6	Толщина свариваемых деталей	25 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1250 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С21 ГОСТ 8713–79
10	Вид шва соединения	ос,бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 15°
12	Положение при сварке	Н
13	Вид покрытия электродов (для РД)	–
14	Режимы подогрева	–
15	Режимы термообработки	Отпуск при 620°
16	Дополнительные параметры	–

Таблица 2 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.



Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А10/11: ВДУ–1250 + А–1416/
Invertec STT II.

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска металла от кромок разделки на ширину не менее 100 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: длина каждой прихватки не менее 60/200 мм; способ сварки: РД; электроды УОНИ 13/55 4,0 ГОСТ 9466-75; режимы: $I_{св}=140...160$ А, $U_d=20...23$ В.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: CO_2 ГОСТ 8050-85, флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Газ/флюс: CO_2 ГОСТ 8050-85, флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Детали формирования корня шва: нет

Таблица 3 Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электродной проволоки, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Расход газа, л/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	1,6	по	150...400	27...29	16..18	25...40	140-160	800...1000
Б-Д	5,0	по	780...820	37...39	50...55	18...22	70...90	-

Технологические требования к сварке

1. Перед сваркой зачистить сварочную проволоку, продуть защитным газом газовые коммуникации, прокалить сварочный флюс при $t=300...400$ °С в течении 1,0 1,5 часов. Подачу защитного газа начать до зажигания дуги.

2. Сварку корневого прохода начинать и завершать на кромке сварного соединения, выводя дугу на 15...20 мм от выполненного валика.

3. «Замковые» участки последующих валиков смещать относительно предыдущих на 15...20 мм.

4. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла механическим способом.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

5. Геометрические разметы собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны соответствовать требованиям таблицы 2.

Таблица 4- Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный и измерительный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ Р 52630-2012, ТР ТС 032-2013, ПБ 03-584-03	100 %
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		100 %
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100 обр.
На растяжение	ГОСТ 6996-66		3 обр.
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66		2 обр.

Разработчик: _____ / _____ /

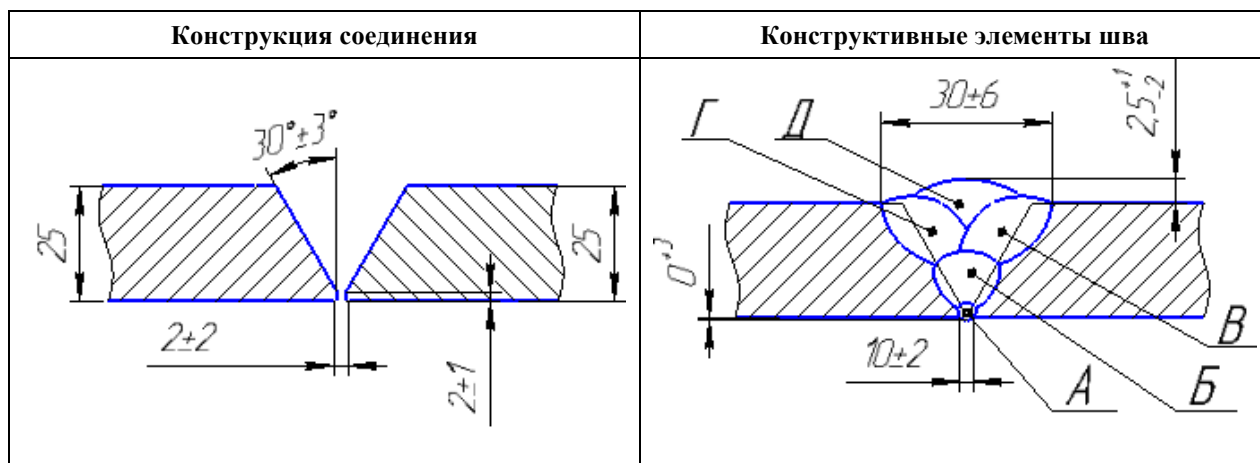
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 2

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ Р 52630–2012
2	Способ сварки	УП, АФк
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08Г2С
6	Толщина свариваемых деталей	25 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	1250 мм
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С21 ГОСТ 8713–79
10	Вид шва соединения	ос,бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 15°
12	Положение при сварке	Н
13	Вид покрытия электродов (для РД)	–
14	Режимы подогрева	–
15	Режимы термообработки	Отпуск при 620°
16	Дополнительные параметры	–

Таблица 2 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.



Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А10/11: ВДУ–1250 + А–1416/
Invertec STT II.

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска металла от кромок разделки на ширину не менее 100 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: длина каждой прихватки не менее 60/200 мм; способ сварки: РД; электроды УОНИ 13/55 4,0 ГОСТ 9466-75; режимы: $I_{св}=140...160$ А, $U_d=20...23$ В.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: CO_2 ГОСТ 8050-85, флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Газ/флюс: CO_2 ГОСТ 8050-85, флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Детали формирования корня шва: нет

Таблица 3 Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электродной проволоки, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Расход газа, л/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	1,6	по	150...400	27...29	16..18	25...40	140-160	800...1000
Б-Д	5,0	по	780...820	37...39	50...55	18...22	70...90	-

Технологические требования к сварке

1. Перед сваркой зачистить сварочную проволоку, продуть защитным газом газовые коммуникации, прокалить сварочный флюс при $t=300...400$ °С в течении 1,0 1,5 часов. Подачу защитного газа начать до зажигания дуги.

2. Сварку корневого прохода начинать и завершать на кромке сварного соединения, выводя дугу на 15...20 мм от выполненного валика.

3. «Замковые» участки последующих валиков смещать относительно предыдущих на 15...20 мм.

4. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла механическим способом.

Име. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Име. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

5. Геометрические разметы собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны соответствовать требованиям таблицы 2.

Таблица 4- Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный и измерительный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ Р 52630-2012, ТР ТС 032-2013, ПБ 03-584-03	100 %
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		100 %
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100 обр.
На растяжение	ГОСТ 6996-66		3 обр.
На статический изгиб	ГОСТ 6996-66		2 обр.

Разработчик: _____ / _____ /

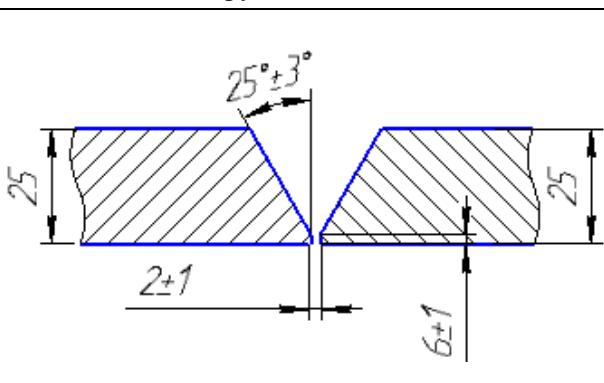
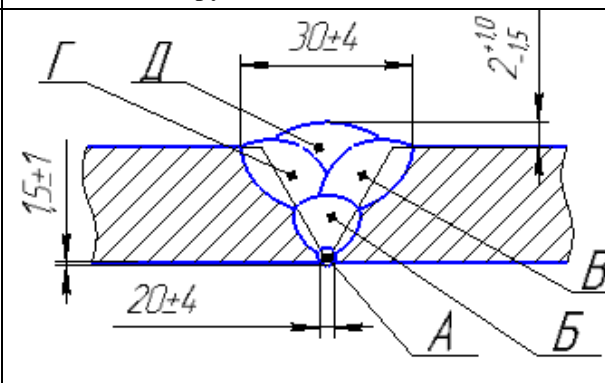
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 3

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ Р 52630–2012
2	Способ сварки	АФф
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08Г2С
6	Толщина свариваемых деталей	25 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	-
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С33 ГОСТ 8713–79
10	Вид шва соединения	ос,бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 15°
12	Положение при сварке	Н
13	Вид покрытия электродов (для РД)	–
14	Режимы подогрева	–
15	Режимы термообработки	Отпуск при 620°
16	Дополнительные параметры	–

Таблица 2 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва
	

Сварочное оборудование (тип): тип АЗ+А11: ВДУ–1250 + А–1416.

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Изм. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата
--------------	--------------	--------------	---------------	--------------

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска металла от кромок разделки на ширину не менее 100 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: длина каждой прихватки не менее 60/200 мм; способ сварки: РД; электроды УОНИ 13/55 4,0 ГОСТ 9466-75; режимы: $I_{св}=140...160$ А, $U_d=20...23$ В.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Газ/флюс: CO_2 ГОСТ 8050-85, флюс АН-348А ГОСТ 9087-81.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Детали формирования корня шва: флюсовая подушка.

Таблица 3 Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электродной проволоки, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Расход газа, л/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	4	по	480...600	31...34	40..45	32...40	58-66	-
Б-Д	5,0	по	780...820	37...39	50...55	18...22	70...90	-

Технологические требования к сварке

1. Перед сваркой зачистить сварочную проволоку, продуть защитным газом газовые коммуникации, прокалить сварочный флюс при $t=300...400$ °С в течении 1,0 1,5 часов.

2. «Замковые» участки последующих валиков смещать относительно предыдущих на 15...20 мм.

3. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла механическим способом.

4. Геометрические разметы собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны соответствовать требованиям таблицы 2.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Таблица 4- Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем кон- троля
Визуальный и из- мерительный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ Р 52630-2012, ТР ТС 032-2013, ПБ 03-584-03	100 %
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		100 %
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100 обр.
На растяжение	ГОСТ 6996-66		3 обр.
На статический из- гиб	ГОСТ 6996-66		2 обр.

Разработчик: _____ / _____ /

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

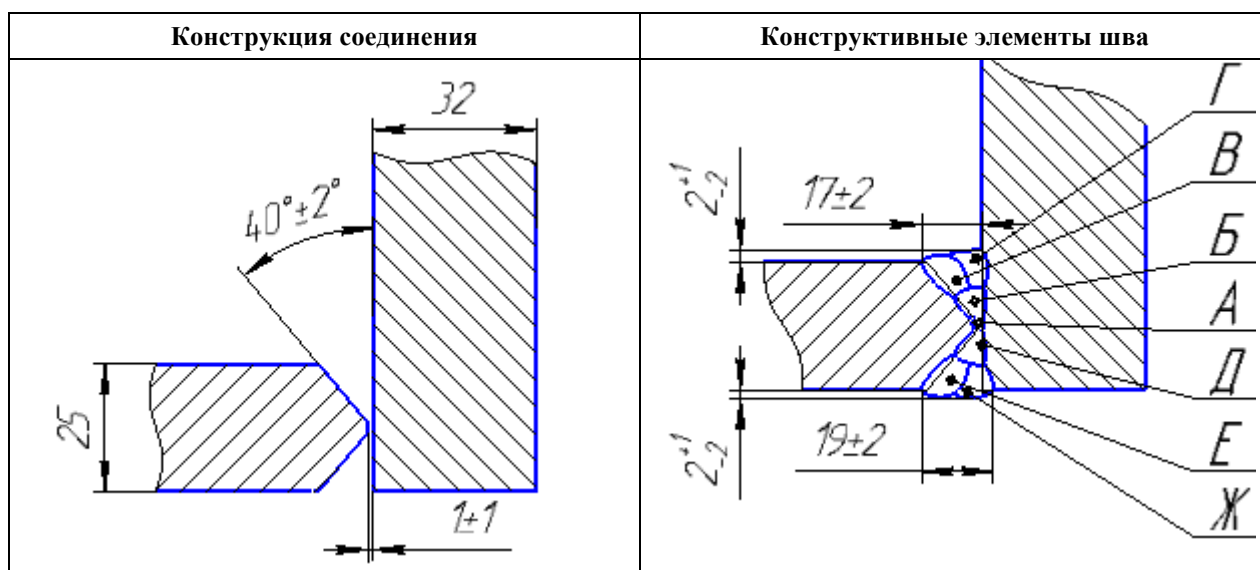
КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)

ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 4

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ Р 52630–2012
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08Г2С
6	Толщина свариваемых деталей	25, 32 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	262 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Стыковое, У8 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	дс,бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 15°
12	Положение при сварке	Н
13	Вид покрытия электродов (для РД)	–
14	Режимы подогрева	–
15	Режимы термообработки	Отпуск при 620°
16	Дополнительные параметры	–

Таблица 2 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Сварочное оборудование (тип): тип *Invertec STT II*.

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Лист

Лист

Лист

Лист

Лист

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска металла от кромок разделки на ширину не менее 100 мм с каждой стороны.

Требования к прихватке: 3 прихватки равномерно распределить по диаметру 262 мм; длина каждой прихватки не менее 40 мм; способ сварки: РД; электроды УОНИ 13/55 4,0 ГОСТ 9466-75; режимы: $I_{св}=140...160$ А, $U_d=20...23$ В.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: CO_2 ГОСТ 8050-85.

Газ/флюс: CO_2 ГОСТ 8050-85.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Детали формирования корня шва: нет

Таблица 3 Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электродной проволоки, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Вылет электрода, мм	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи сварочной проволоки, м/ч	Расход газа, л/ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
А	1,2	по	170...210	27...29	16..18	20...25	210-230	800...1000
Б-Д	2,0	по	360...410	33...35	20...22	20...28	260...280	900...1100

Технологические требования к сварке

1. Перед сваркой зачистить сварочную проволоку, продуть защитным газом газовые коммуникации. Подачу защитного газа начать до зажигания дуги.
2. Сварку корневого прохода начинать и завершать на кромке сварного соединения, выводя дугу на 15...20 мм от выполненного валика.
3. «Замковые» участки последующих валиков смещать относительно предыдущих на 15...20 мм.
4. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла механическим способом.

Изм.	№ подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

5. Геометрические разметы собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны соответствовать требованиям таблицы 2.

Таблица 4- Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный и измерительный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ Р 52630-2012, ТР ТС 032-2013, ПБ 03-584-03	100 %
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		100 %
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100 %

Разработчик: _____ / _____ /

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ	Лист

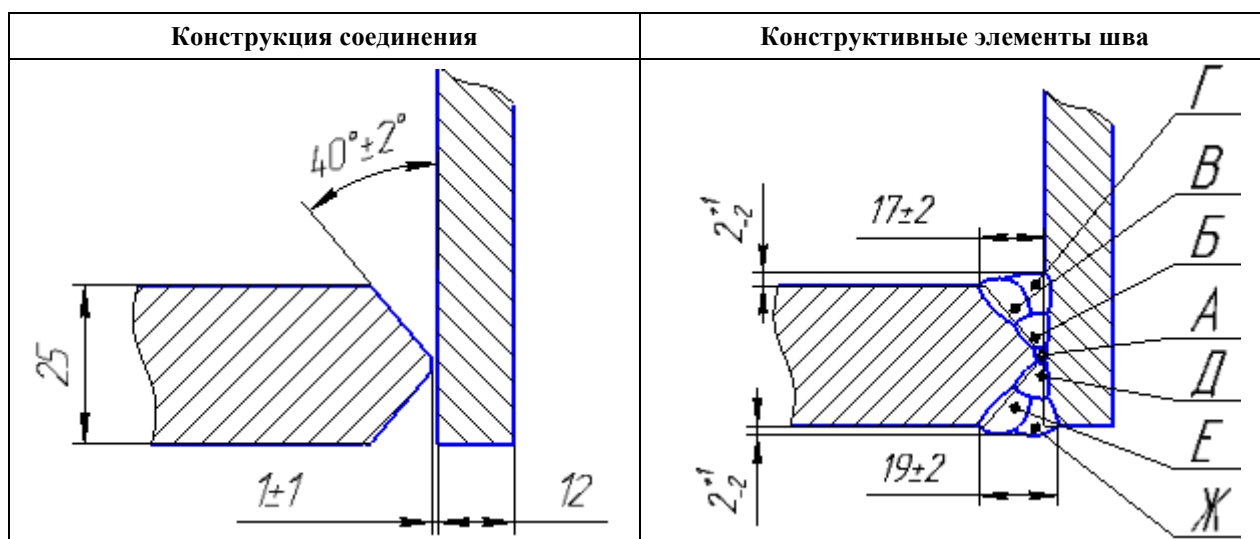
КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)

ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 5

Таблица 1 – Характеристики процесса

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ Р 52630–2012
2	Способ сварки	УП
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	1 (М01)
5	Сварочные материалы	Св-08Г2С
6	Толщина свариваемых деталей	25, 12 мм
7	Диаметр деталей в зоне сварки	70 мм
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Стыковое, У8 ГОСТ 14771-76
10	Вид шва соединения	дс,бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия более 15°
12	Положение при сварке	Н
13	Вид покрытия электродов (для РД)	–
14	Режимы подогрева	–
15	Режимы термообработки	Отпуск при 620°
16	Дополнительные параметры	–

Таблица 2 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Сварочное оборудование (тип): тип *Invertec STT II*.

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист

Лист

Лист

Лист

Лист

Лист

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Таблица 4- Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем кон- троля
Визуальный и из- мерительный	ГОСТ 3242-79	ГОСТ Р 52630-2012, ТР ТС 032-2013, ПБ 03-584-03	100 %
Ультразвуковой	ГОСТ 14782-86		100 %
Гидравлический	РД 24.200.11-90		100 %

Разработчик: _____ / _____ /

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div>ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ</div> <div>Лист</div>				
Ине. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ине. № дубл.	Подп. и дата					

Приложение Б

Инев. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инев. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.14М0116.ПЗ

Лист