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

Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта (наименование)	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 корпуса задвижки шиберной *DN* 1000 из стали 20ГЛ»

Студент _____ 20.06.25 (подпись, дата) — Николотов Илья Алексеевич (фио полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент _____ 20.06.25 (подпись, дата) — Крюков Д.Б. (фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр
к.т.н., доцент _____ 21.06.25 (подпись, дата) — Хорин А.В. (фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 24.12.2024 № 6)

Заведующий кафедрой
д.т.н., профессор _____ 21.06.25 (подпись, дата) — Розен А.Е. (фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отлично (протокол заседания ГЭК от 23.06.2025 № 3)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент _____ 23.06.25 (подпись, дата) — Гуськов М.С. (фамилия, инициалы)

Пенза, 2025

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта
Кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой СЛПиМ
д.т.н., профессор А. Е. Розен

_____
подпись

«28» декабря 2024 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

Студента гр. 21МОС1 Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта Политехнического института ПГУ, очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Николотову Илье Алексеевичу.

Научный руководитель работы: *к.т.н., доцент Крюков Д.Б.*
Время выполнения ВКР: 28.12.2024 г. по 04.07.2025 г.
Место преддипломной практики: *кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение» ПГУ*
Тема работы: *Разработка технологии сборки и сварки корпуса задвижки шиберной DN 1000 из стали 20ГЛ*
Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 1381/о 28 декабря 2024 г.

Техническое задание на работу (назначение изделия, технология сборки и сварки): разработать технологию сборки и сварки корпуса задвижки шиберной *DN* 1000 из стали 20ГЛ
– задвижка применяется в качестве запорной арматуры на трубопроводах газовой и нефтяной промышленности;
– рабочее давление 2,5 МПа;
– температура окружающей среды от минус 40 до плюс 60 °С.
Объём и содержание основной части работы
Пояснительная записка (перечень вопросов, подлежащих разработке, расчетов, обоснований, описаний):
- введение с обоснованием актуальности темы исследования, установления объекта и предмета, постановкой цели и задач исследования;
- литературно-патентный обзор с выявлением патентной и научно-технической информации, исследованием технического уровня и тенденций развития технологии сварки;

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

Графическая часть бакалаврской работы (перечень и содержание плакатов):

- Общий вид корпуса шиберной задвижки 1л А1;
- Лист деталировки 1л А1;
- Технологические параметры режимов сварки 1л А1;
- Схема сборки и сварки корпуса шиберной задвижки 1л А1;
- Средства технологического оснащения 1л А1;
- Методы контроля сварных швов и КСС 1л А1;

Рекомендуемая литература:

1. **Усатый С.Г. Проектирование сварных конструкций. Расчет сварных соединений** [Текст]: учебное пособие / С.Г. Усатый, А.Е. Розен, С.Н. Чугунов, С.Г. Ракитин, А.В. Прыщак - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2010. - 132 с.

2. **Гордиевский В.Г. Инженерно-технологические основы подготовки сварочного производства** [Текст]: учебное пособие / В.Г. Гордиевский, А Е. Розен, С.Г. Усатый, С.С. Солдатова, А.О. Кривенков, А.В. Прыщак - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2010. - 276 с.

Руководитель ВКР:

к.т.н., доцент _____ Крюков Д.Б.

Задание к исполнению принял студент

гр. 21МОС1 _____ Николотов И.А.

_____28 декабря 2024 г._____

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета промышленных технологий электроэнергетики и транспорта

Политехнического института ПГУ _____ С.Ю. Киреев

ОПОП освоена в полном объеме.
К государственной итоговой
аттестации допустить

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

«Утверждаю»
Руководитель ВКР
к.т.н., доцент Крюков Д.Б.
_____
подпись
«28» декабря 2024 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
на выпускную квалификационную работу

Студенту гр. 21МОС1 ФПТЭТ Политехнического института ПГУ, очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Николотову Илье Алексеевичу
Тема работы: *Разработка технологии сборки и сварки корпуса задвижки шиберной DN 1000 из стали 20ГЛ.*

Наименование этапа работы	Срок исполнения		Отметка о выполнении
	начало	окончание	
1. Получение задания, его уяснение, беседа с руководителем. Подготовка к выполнению ВКР.	28.12.24	28.12.24	Выполнено ДКр
2. Подбор и изучение рекомендованной литературы.	10.01.25	17.01.25	Выполнено ДКр
3. Изучение объекта исследования, постановка цели и задачи работы. Написание введения.	18.01.25	23.01.25	Выполнено ДКр
4. Проведение патентного обзора. Выбор основных нормативно-технических документов.	26.01.25	02.02.25	Выполнено ДКр
5. Проектирование и расчет элементов конструкции изделия. Оформление соответствующего раздела.	03.02.25	10.02.25	Выполнено ДКр
6. Разработка технологии сборки и сварки изделия. Контроль качества сварных соединений. Оформление соответствующих разделов.	17.02.25	20.03.25	Выполнено ДКр
7. Завершение оформления пояснительной записки, схем и рисунков.	24.03.25	20.04.25	Выполнено ДКр
8. Представление завершенной ВКР нормоконтролеру.	06.05.25	15.05.25	Выполнено ДКр

9. Представление ВКР руководителю на просмотр и проверку на плагиат.	24.05.25	27.05.25	Выполнено
10. Предварительная защита ВКР	04.06.25	05.06.25	Выполнено
11. Полное завершение всех работ и представление зав. кафедрой на подпись пояснительной записки (совместно с графической частью, протоколом проверки на плагиат и отзывом руководителя)	18.06.25	20.06.25	Выполнено
12. Защита выпускной квалификационной работы	23.06.25	04.07.25	Выполнено

Прохождение каждого этапа подготовки ВКР подтверждается подписью руководителя.

Студент учебной группы 21МОС1 _____ Николотов И.А.

"28" декабря 2024 г.

Ректору Пензенского
государственного университета
А.Д. Гулякову
от студента 4 курса ФПТЭиТ
очной формы обучения

Николотова Ильи Алексеевича
(фамилия, имя, отчество)

ЗАЯВЛЕНИЕ

Я, Николотов Илья Алексеевич, студент 4 курса очной формы обучения направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», бакалаврская программа «Оборудование и технология сварочного производства», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат» выпускной квалификационной работы на тему: «Разработка технологии сборки и сварки корпуса задвижки шиберной DN 1000 из стали 20ГЛ», выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

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

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

_____
(подпись студента)
2 июня 2025 г.
(дата)

ВКР представлена на проверку: 2 июня 2025 г.
(дата)

Руководитель ВКР
к.т.н., доцент каф. "Сварочное, литейное
производство и материаловедение" ПГУ _____ Крюков Д.Б.

Протокол

проверки на оригинальность в системе «Антиплагиат.ВУЗ» выпускной квалификационной работы на тему **«Разработка технологии сборки и сварки корпуса задвижки шиберной DN 1000 из стали 20ГЛ»** студента 4 курса **Николотова Ильи Алексеевича** направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиля подготовки «Оборудование и технология сварочного производства»

Руководитель ВКР: **Крюков Дмитрий Борисович, к.т.н., доцент каф. «Сварочное, литейное производство и материаловедение»**

Результат проверки на плагиат бакалаврской работы **Николотова Ильи Алексеевича** составляет **54,1 %** оригинальности, что соответствует существующим требованиям стандарта СТО ПГУ 3.12-2018. Выпускная квалификационная работа может быть рекомендована к защите.

АНТИПЛАГИАТ
ОБНАРУЖЕНИЕ ЗАИМСТВОВАНИЙ

СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Пензенский государственный университет"

ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы:	Николотов Илья Алексеевич
Самоцитирование рассчитано для:	Николотов Илья Алексеевич
Название работы:	ВКР Николотов
Тип работы:	Выпускная квалификационная работа
Подразделение:	Каф. "Сварочное, литейное производство и материаловедение" ПГУ

РЕЗУЛЬТАТЫ

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

СОВПАДЕНИЯ	40.9%	СОВПАДЕНИЯ	40.9%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	54.09%	ОРИГИНАЛЬНОСТЬ	54.09%
ЦИТИРОВАНИЯ	5.01%	ЦИТИРОВАНИЯ	5.01%
САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%	САМОЦИТИРОВАНИЯ	0%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 02.06.2025 — ДАТА И ВРЕМЯ КОРРЕКТИРОВКИ: 17.06.2025 11:27

Структура документа:	Проверенные разделы: основная часть с.1-2, 7-87, содержание с.3, приложение с.95-96, введение с.4-7, выводы с.88-89
Модули поиска:	Сводная коллекция ЭБС; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Коллекция НБУ; Перефразирования по коллекции IEEE; СМИ России и СНГ; IEEE; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Диссертации НББ; Медицина; СПС ГАРАНТ: аналитика; Переводные заимствования IEEE; Переводные заимствования; Цитирование; Патенты СССР, РФ, СНГ; Шаблонные фразы; Кольцо вузов; Публикации eLIBRARY; ИПС Адилет; Публикации РГБ (переводы и перефразирования); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Кольцо вузов (переводы и перефразирования); Публикации eLIBRARY (переводы и перефразирования); Публикации РГБ; Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Перефразированные заимствования по коллекции...

Работу проверил: Крюков Д.Б.

ФИО проверяющего

Дата подписи: 17.06.2025

Подпись проверяющего

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

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

Аннотация

Проектирование элементов конструкции и технологии сварки задвижки шиберной из стали 20ГЛ.

Пояснительная записка включает: 110 страниц, 27 рисунков, 33 таблиц, 42 источника.

Ключевые слова: ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА, СТАЛЬ, СВАРКА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, СОЕДИНЕНИЕ, ПРОВОЛОКА, КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка технологии сборки и сварки корпуса задвижки шиберной *DN* 1000 из стали 20ГЛ. К задачам выпускной квалификационной работы относятся:

– провести анализ объекта производства, определить назначение и технические требования конструкции;

– произвести выбор основных материалов сварочной конструкции;

– провести расчет и проектирование сварной конструкции;

– произвести выбор способов сварки;

– выбрать технику и технологию сварки изделия с выбором материалов;

– выбрать режимы сварки с последующим выбором оборудования и средств технологического оснащения;

– назначить методы контроля качества сварных соединений.

После изучения типового варианта конструкции и разработки технологии сварки корпуса шиберной задвижки была разработана улучшенная технология ее сборки и сварки. Вместо ручной дуговой сварки с покрытыми электродами была использована механизированная сварка плавящимся электродом в среде защитного газа. Это позволило улучшить качество сварного соединения и сократить время сборки.

					ПГУ.ВКР.15.03.01. 21МОС113. ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Николотов И.А			Разработка технологии сборки и сварки корпуса задвижки шиберной DN 1000 из стали 20ГЛ	Лит.	Лист 2 / Листов 109
Пров.		Крюков Д.Б.					
Н. Контр.		Хорин А.В.				Кафедра «СЛПиМ» группа 21МОС1	
Утв.		Розен А.Е.					

Эта технология может быть применена в различных областях промышленности, где необходимо сваривать крупногабаритные металлические конструкции. Она также может снизить затраты на производство и повысить эффективность производственных процессов.

Содержание

Введение 5
1 Патентный обзор 6
2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и технические требования 10
3 Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции 13
4 Расчет и проектирование сварной конструкции 17
5 Выбор способа сварки 28
6 Обоснование выбора сварочных материалов 32
7 Техника и технология сварки конструкции 39
8 Выбор сварочного оборудования 49
9 Расчет параметров режимов сварки 54
10 Контроль качества сварных соединений 84
Заключение 91
Список использованных источников 93
Приложение А 98
Приложение Б 109

Введение

Использование сварки в изготовлении изделий различных отраслей получает все большее распространение во всех промышленных странах.

Машиностроение – это отрасль промышленности, занимающаяся проектированием, изготовлением и обслуживанием машин и оборудования в том числе и с помощью сварных соединений [41]. Технологическое совершенство в машиностроении играют важную роль в улучшении производительности и качества. Процесс производства сварных конструкций включает в себя последовательное выполнение различных этапов, таких как заготовка, сборка, сварка, контроль, отделка и другие операции [40]. С каждым годом в машиностроении всё активнее внедряются средства компьютерного проектирования и моделирования технологических процессов, что значительно увеличивает значение ролей конструкторов и технологов. В области сварных конструкций акцент делается на механизацию и автоматизацию отдельных этапов, а также всего производственного процесса в целом.

Сварка имеет широкое применение в трубопроводной арматуре, включая множество различных кранов и задвижек. Шиберная задвижка – это тип трубопроводной арматуры, где затвор выполнен в виде плоской пластины, вращающейся вокруг оси, которая перпендикулярна или под углом к потоку рабочей среды. С немецкого языке слово «*Schieber*» переводится как «заслонка» [42].

Шиберные задвижки активно используются в качестве запорной арматуры на объектах нефтяной и газовой отрасли. Их основная функция заключается в перекрытии каналов или просветов трубопроводов. Существует два основных типа шиберных заслонок в зависимости от конструкции затворного элемента: ножевые и клиновидные. Благодаря своей простой и надежной конструкции, шиберные задвижки часто выбираются для использования в промышленных трубопроводах. Хотя они могут также применяться для регулирования потока, их главная задача – это полное закрытие или открытие движения рабочей среды.

1 Патентный обзор

В данной выпускной квалификационной работе разрабатывается технология сборки и сварки корпуса шиберной задвижки *DN* 1000, *PN* 2,5.

Задвижка относится к трубопроводной арматуре и предназначена для перекрытия потока жидкой или газообразной среды. Относится к группе сосудов и аппаратов, работающих в химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей промышленности. Такое оборудование является потенциально технически опасным объектом, сварка которого регламентирована нормами Ростехнадзора.

Поиск научных и технических решений, направленных на исследование конструкции и технологических решений при изготовлении корпуса задвижки шиберной *DN* 1000, *PN* 2,5. Исследование технического уровня и тенденций развития технологии изготовления задвижки.

Для того чтобы определить технический уровень методов, применяемых в промышленности для изготовления трубопроводной арматуры, необходимо провести тщательный литературно-патентный обзор. Этот обзор представляет собой важный этап, который позволяет выяснить текущее состояние научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в данной области.

Литературно-патентный обзор включает в себя не только патентный поиск, но и детальный анализ отобранной патентной информации. Патентный обзор служит для оценки технического уровня и выявления тенденций развития объектов техники, а также для анализа их патентоспособности и патентной чистоты. Кроме того, он позволяет оценить уровень компетентности как фирмы, так и отдельных специалистов в данной сфере.

Основная цель патентного обзора заключается в определении технического уровня и выявлении направлений развития технологий сварки трубопроводной арматуры, а также в поиске актуальной патентной и научно-технической информации. Регламент поиска представляет собой четкий план, который включает в себя определение типа поиска, его глубину и широту (перечень стран, в рамках которых будет осуществляться поиск).

В этот регламент также входит выбор источников информации, по которым будет осуществляться поиск аналогов объекта, а также указание индекса международной патентной классификации (МПК). При выборе источников информации учитываются установленные глубина и широта поиска, а также реальная доступность этих источников. Таким образом, литературно-патентный обзор становится неотъемлемой частью процесса, позволяющей глубже понять современное состояние технологий в области трубопроводной арматуры и их дальнейшие перспективы.

Дата составления регламента – 17.04.2025.

Объект поиска – приспособления и полезные модели для механизированной сварки в среде защитных газов.

Начало поиска – 18.04.2025.

Завершение поиска – 29.05.2025.

Страны поиска – Россия.

Выбранные элементы регламента поиска приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Регламент исследования

Предмет поиска	Индекс МПК	Широта поиска	Глубина поиска	Источники информации
Оборудование для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	*B23K* 9/173	Россия	15 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Способы электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода				

В результате поиска для последующего анализа были отобраны описания изобретений и способов, применимых для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода. Результаты поиска приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты патентного поиска

Предмет поиска	Номер документа, индекс МПК	Авторы, номер заявки, дата публикации	Название изобретения
Оборудование для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	*RU* 2104134 *C*1, *B23K* 9/133	Солодский С.А., Ильященко Д.П., Брунова Н.А., №2016107529, 07.09.2017	«Механизм для импульсной подачи сварочной проволоки» [3]
Оборудование для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	*RU* 2023556 *C*1, *B23K* 9/16	Сидоров В.П., № 2018106218/02, 05.07.2019	«Способ двухдуговой автоматической сварки» [5]
Способы электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	*RU* 2598746 *C*1, *B23K* 9/04	Сидоров В.П., Зюбин Д.В., Борисов Н.А., № 20151117415/02, 20.10.2016	«Способ механизированной наплавки дугой косвенного действия» [6]
	RU 2509717 *C*2, *B23K* 9/16	Кузнецов М.А., Крампит Н.Ю., Зернин Е.А., № 2015127154/02, 15.03.2017	«Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов» [7]
	RU 2548542 *C*2, *B23K* 9/16, *B23K* 9/09	Сидоров В.П., № 2017104685/02, 02.03.2018	«Способ сварки комбинацией дуг» [8]
	RU 2574902 *C*1, *B23K* 9/16	Сидоров В.П., №2016141210/02, 21.12.2017	«Способ дуговой механизированной двухэлектродной сварки» [9]

Анализ патентных документов показал, что идёт активное развитие научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода. Наблюдается тенденция усовершенствования сварочного оборудования, способов сварки, механизации и автоматизации сварочного производства. Применение более совершенных технологий обеспечивает замену ручного труда работой машин и механизмов, что положительно сказывается на качестве изготавливаемых сварных конструкций, в том числе трубопроводной арматуры.

Таким образом, поставленные цели и задачи были выполнены, найдена и проанализирована патентная и научно-техническая информация, определён технический уровень и тенденции развития в области технологии сварки трубопроводной арматуры.

2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и технические требования

Объектом проектирования является шиберная задвижка *DN* 1000 применяется в качестве запорной арматуры на трубопроводах газовой и нефтяной промышленности, показанный на рисунке 2.1. В качестве транспортируемой среды указаны нефть и нефтепродукты, которые транспортируются под давлением 2,5 МПа. Имеет присоединение к трубопроводу под приварку. Срок службы 30 лет.

Рисунок 2.1 – Конструкция шиберной задвижки

Ввиду ответственного назначения конструкции к изделиям арматуростроения предъявляются повышенные требования по качеству сварных швов, соблюдению технологических размеров и требований. Такие конструкции должны соответствовать требованиям ФНП № 536 «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением».

Данные конструкции должны соответствовать требованиям государственных стандартов (ГОСТ):

а) ГОСТ 33852 – 2016 «Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия» [11];

б) ГОСТ 356 – 80 «Давления условные, Пробные и рабочие» [16];

в) ГОСТ 5762 – 2002 «Арматура трубопроводная. Задвижки на номинальное давление не более *PN* 250» [12];

г) ГОСТ 9544 – 2015 «Арматура трубопроводная Нормы герметичности затворов» [15];

д) ГОСТ 15150 – 1969 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды» [10];

е) ГОСТ 4666 – 2015 «Арматура трубопроводная Требования к маркировке и отличительной окраске» [14];

ж) ГОСТ 12.2.063 – 2015 «Арматура трубопроводная Общие требования безопасности» [23].

Конструкции запорной арматуры должны соответствовать требованиям стандартов конструкторского бюро арматуростроения (СТ ЦКБА):

а) СТ ЦКБА 005 «Арматура трубопроводная. Металлы, применяемые в арматуростроении» [22];

б) СТ ЦКБА 025 – 2006 «Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений. Технические требования» [20];

в) СТ ЦКБА 010 – 2014 «Арматура трубопроводная. Поковки, штамповки и заготовки из проката» [19].

По ГОСТ 33852 – 2016 [11] арматура должна соответствовать требованиям настоящего стандарта, конструкторской документации и технических условий, стандартам организации и требованиям заказчика.

Согласно ГОСТ 33852 – 2016 [11] задвижки должны быть герметичны относительно окружающей среды. Герметичность задвижек по отношению к внешней среде в соединении «корпус – крышка» обеспечивается плоской прокладкой, по шпинделю – сальниковым узлом. Согласно ГОСТ 33852 – 2016 задвижки должны быть герметичны относительно окружающей среды. Герметичность задвижек по отношению к внешней среде в соединении «корпус –

крышка» обеспечивается плоской прокладкой, по шпинделю – сальниковым узлом.

Класс герметичности по ГОСТ 9544 – 2015 – «А».

Проектируемая задвижка предназначена для эксплуатации на открытом воздухе в условиях макроклиматических районов. ГОСТ 33852 – 2016 для выбора климатического исполнения ссылается на норматив ГОСТ 15150 – 69. В соответствии с заданными условиями эксплуатации выбирается климатическое исполнение «ХЛ».

Окраска и маркировка задвижки по ГОСТ 4666 – 2015.

Согласно данному нормативу окрашивать обработанные наружные поверхности корпусов, крышек и других деталей лакокрасочным покрытием толщиной не более 100 мкм. Маркировка должна быть выполнена на корпусе арматуры или на фирменной табличке, прикрепленной к арматуре.

3 Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции

Согласно ГОСТ 33852 – 2016 [11] корпусные детали задвижек, работающие под давлением, и катушки должны изготовляться из низкоуглеродистых или низколегированных сталей, обеспечивающих качественную сварку патрубков (катушек) задвижек с трубопроводом в полевых условиях.

Материалы основных деталей задвижек и материалы уплотнений должны быть стойкими по отношению к рабочей среде и внешним воздействиям. Скорость коррозии материала корпуса и сварных швов должна быть не более 0,1 мм/год при воздействии рабочей среды и внешних факторов.

Согласно данному нормативу при выборе материала для изготовления основных деталей задвижки используют ГОСТ 33260 – 2015 [17], который устанавливает условия применения металлических материалов для изготовления основных деталей трубопроводной арматуры.

Шиберная задвижка эксплуатируется в нормальных условиях, транспортируемая среда – нефть, температура транспортируемой среды от минус 40 до плюс 60°С.

ГОСТ 33260 – 2015 [17] приводит перечень материалов для изготовления корпусных деталей арматуры. На основании технических требований и характеристик, указанных в задании для изготовления основных элементов конструкции шиберной задвижки выбраны материалы сталь 09Г2С и сталь 20ГЛ.

Сталь 09Г2С применяется для изготовления фланцев, опор, цапфы, колец и днища.

Для изготовления корпуса шиберной задвижки применяется сталь 20ГЛ.

Химический состав 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87 приводится в таблице 3.

Таблице 3 – Химический состав стали 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87

Элемент	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Медь	Сера	Фосфор
Содержание, %	0,17…0,25	1,10…1,40	0,30...0,50	Не более 0,30	Не более 0,30	Не более 0,30	Не более 0,020	Не более 0,020

Таблица 4 – Рекомендуемые режимы термической обработки отливок из стали 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87

Рекомендуемый режим термической обработки	Предел текучести, $\sigma_т$, МПа	Временное сопротивление, $\sigma_в$, МПа	Относительное удлинение, δ, %	Относительное сужение, φ, %	Ударная вязкость, Дж/см^2	
					KCV-60	KCU-$_{60}$
Нормализация при 920… 940 °С	300,0	500,0	20,0	35,0	20,0	30,0
Закалка с 920…940 °С в	400,0	550,0	15,0	30,0	20,0	30,0

Химический состав стали 09Г2С ГОСТ 19281 – 2014 [25] приводится в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав стали 09Г2С, % по ГОСТ 19281 – 2014

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Медь
Содержание, %	не более 0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	не более 0,30	не более 0,30	не более 0,30

Примечания:

а) Массовая доля фосфора в стали должна быть не более 0,030 %, серы – не более – 0,035 %.

б) Массовые доли азота в стали не более 0,012 %, мышьяка – не более 0,08 %. При выплавке стали из керченских руд массовая доля мышьяка – не более 0,15 %.

в) Допускается добавка алюминия и титана из расчета получения массовой доли в прокате алюминия – не более 0,05 %, титана – не более 0,03 %.

Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 2014 представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Механические свойства стали 09Г2С по ГОСТ 19281 – 2014

Сечение, мм	Предел прочности, $\sigma_в$, МПа	Предел текучести, $\sigma_т$, МПа	Относительное удлинение, δ, %	Ударная вязкость, KCU, Дж/см^2	Ударная вязкость после механического старения,KCU Дж/см^2
до 100	440,0	295,0	21,0	34,0 29,0	29,0

Оценка свариваемости стали проводится по углеродному эквиваленту (риск развития холодных трещин). Эквивалент углерода низколегированных конструкционных сталей, независимо от состояния их поставки (горячекатаные, нормализованные и термически упрочненные).

По ГОСТ 33852 – 2016 [11] эквивалент углерода для стали 09Г2С рассчитывается по формуле 1:

$$C_э = C + \frac{Mn}{6}, \quad (1)$$

где $C_э$ – эквивалент углерода, %;

C – содержание углерода, %;

Mn – содержание марганца, %;

Подставляем известные значения в формулу:

$$C_э = 0{,}06 + \frac{1{,}5}{6} = 0{,}31$$

Для стали 20ГЛ углеродный эквивалент рассчитывается по формуле 2:

$$C_э = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}, \quad (2)$$

Подставляя известные значения, получаем:

$$C_э = 0{,}15 + \frac{1{,}2}{6} = 0{,}35$$

Полученные значения углеродного эквивалента для сталей 09Г2С и 20ГЛ показывают, что данные марки сталей имеют хорошую свариваемость. В про-

цессе сварки могут применяться различные методы, такие как ручная дуговая сварка с использованием покрытых электродов, механизированная и автоматическая сварка в защитном газе и ряд других методов.

Стоит отметить, что при выполнении сварочных работ в условиях положительной температуры воздуха предварительный нагрев и сопутствующий подогрев не являются обязательными.

4 Расчет и проектирование сварной конструкции

Проектируемый корпус задвижки шиберной представлен на рисунке 4.1.

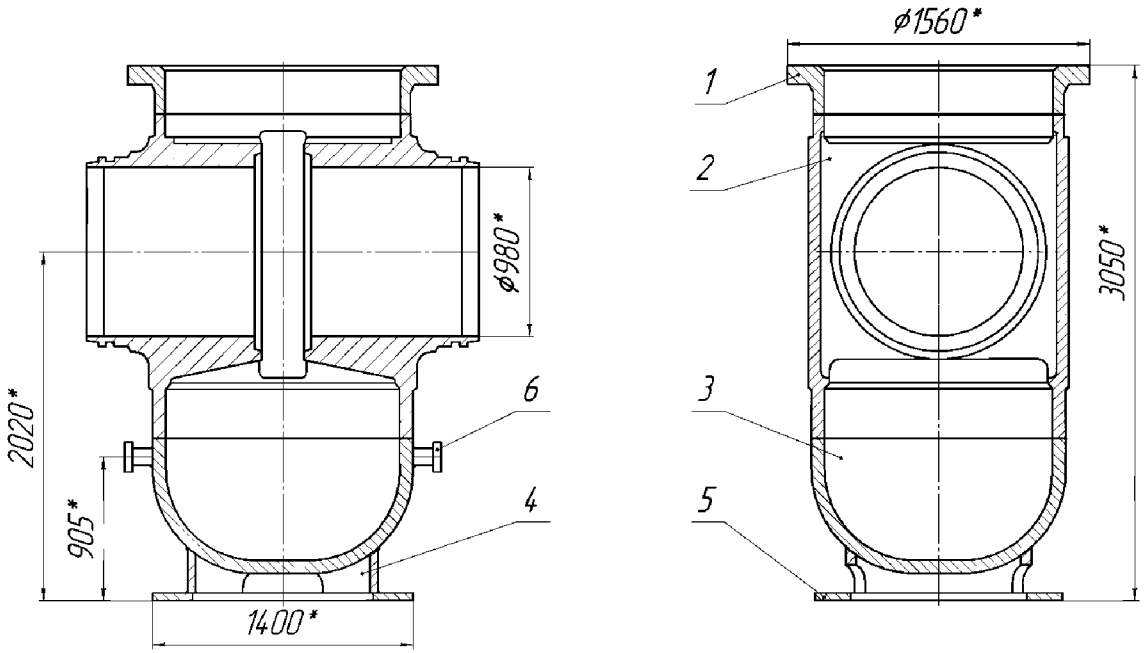


Рисунок 4.1 – Корпус шиберной задвижки: 1 – фланец, 2 – крестовина, 3 –днище, 4 – кольцо, 5 – опора, 6 – цапфа

Согласно ГОСТ 33852 – 2016 [11] строительная длина $L = 3050$ мм. Геометрические характеристики шиберной задвижки представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Геометрические размеры шиберной задвижки

Строительная длина, *L*, мм	Диаметр прохода, *DN*, мм	Высота задвижки, мм
3050,0	1000,0	5580,0

Предельные отклонения строительной длины представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Предельные отклонения строительных длин шиберной задвижки

Строительная длина L, мм	Предельное отклонение, мм	
	С фланцевым присоединением	Со сварным присоединением
≥ 2550,0	±10,0	±20,0

По ГОСТ 33852 – 2016 [11] расчет на прочность выполняется в соответствии с требованием норм расчета ГОСТ Р 52857.1 – 2007.

Расчёт на допускаемые напряжения для стали 09Г2С рассчитывается по формуле:

$$[\sigma] = \frac{R_{P^{0,2}}}{n_{\text{т}}}, \quad (3)$$

где $R_{\text{р}0,2}$ – минимальное значение предела текучести при расчетной температуре, МПа;

$n_{\text{т}}$ – коэффициент запаса прочности по пределу текучести.

Коэффициент $n_{\text{т}}$ принимаем равным 1,5.

Согласно указанным ГОСТ 19281 – 2014 [25], ГОСТ 21357 – 87 [24] допускаемое напряжение [σ], для стали 09Г2С для рабочей температуры среды [σ] = 183 МПа, для стали 20ГЛ [σ] = 147 МПа расчет ведем по наименьшему допускаемому напряжению.

Так как на начальном этапе проектировании отношение допускаемых напряжений материала при температуре 293К и наибольшей температуре среды неизвестно, то значение $P_{\text{пр}}$ будет составлять

$$P_{\text{пр}} = 1{,}5P_{\text{раб}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{раб}}$ – рабочее давление, МПа

Величина пробного давления равна:

$$P_{\text{пр}} = 1{,}5 \cdot 2{,}5 = 3{,}75 \text{ МПа}$$

Согласно ГОСТ Р 52857.1 – 2007 величина расчетного давления равна величине рабочего, так как величина рабочего давление более 6 МПа.

$$P_{\text{Р}} = P_{\text{раб}} = 2{,}5\text{МПа}$$

Согласно данному нормативу, расчет на прочность не требуется, если величина расчетного давления в условиях испытания будет меньше, чем величина расчетного давления в рабочих условиях, умноженное на $1{,}35 \cdot \left[\frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}\right]$.

$$P_{\text{пр}} = 3{,}75 < P_{\text{р}} \cdot 1{,}35 \cdot \left[\frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}\right] \quad (5)$$

$$P_{\text{пр}} = 3{,}75 < 2{,}5 \cdot 1{,}35 \cdot \frac{183}{160} = 3{,}75 < 3{,}85$$

Номинальная толщина стенки корпуса S должна удовлетворять следующему условию:

$$S_1 \geq S_{1p} + C, \quad (6)$$

где S_1 – толщина стенки днища, мм;

S_{1p}– расчетная минимальная толщина стенки днища, мм;

C – прибавка к расчетной толщине сечения компенсирующий минусовой допуск пластической деформации.

Расчетная минимальная толщина стенки днища определяется по формуле

$$S_{1p} = \frac{pR}{2\varphi[\sigma] - 0.5\text{p}}, \quad (7)$$

где p – расчетное давление, МПа;

R – радиус днища, мм;

φ – коэффициент прочности сварного шва

[σ] – допускаемое напряжение, МПа;

Принимаем φ = 0,7.

$$S_{1p} = \frac{2{,}5 \cdot 640}{2 \cdot 0{,}7 \cdot 147 - 0.5 \cdot 2{,}5} = 7{,}8$$

Принимаем C =1 мм

$$S_1 \geq 7{,}8$$

Принимаем толщину стенки днища 8 мм. Учитывая возможность коррозии стенок задвижки в процессе эксплуатации, а также агрессивную среду, в которой работает задвижка, рабочее давление и размеры конструктивных элементов разделки, принимаем толщину окончательно стенки равную 50 мм.

Рассчитаем допускаемое внутреннее избыточное давление по формуле.

$$[p] = \frac{2(S_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0{,}5(S_1 - C)}, \quad (8)$$

где S_1 – толщина стенки днища, мм;

C – прибавка к расчетной толщине сечения компенсирующий минусовой допуск пластической деформации, мм;

φ – коэффициент прочности сварного шва;

[σ] – допускаемое напряжение, МПа;

R – радиус днища, мм.

$$[p] = \frac{2(8-1) \cdot 0{,}7 \cdot 147}{640 + 0{,}5(7{,}8-1)} = 2{,}3 \text{ МПа}$$

В данной выпускной квалификационной работе проектируем следующие сварные соединения, показанные на рисунке 4.2.

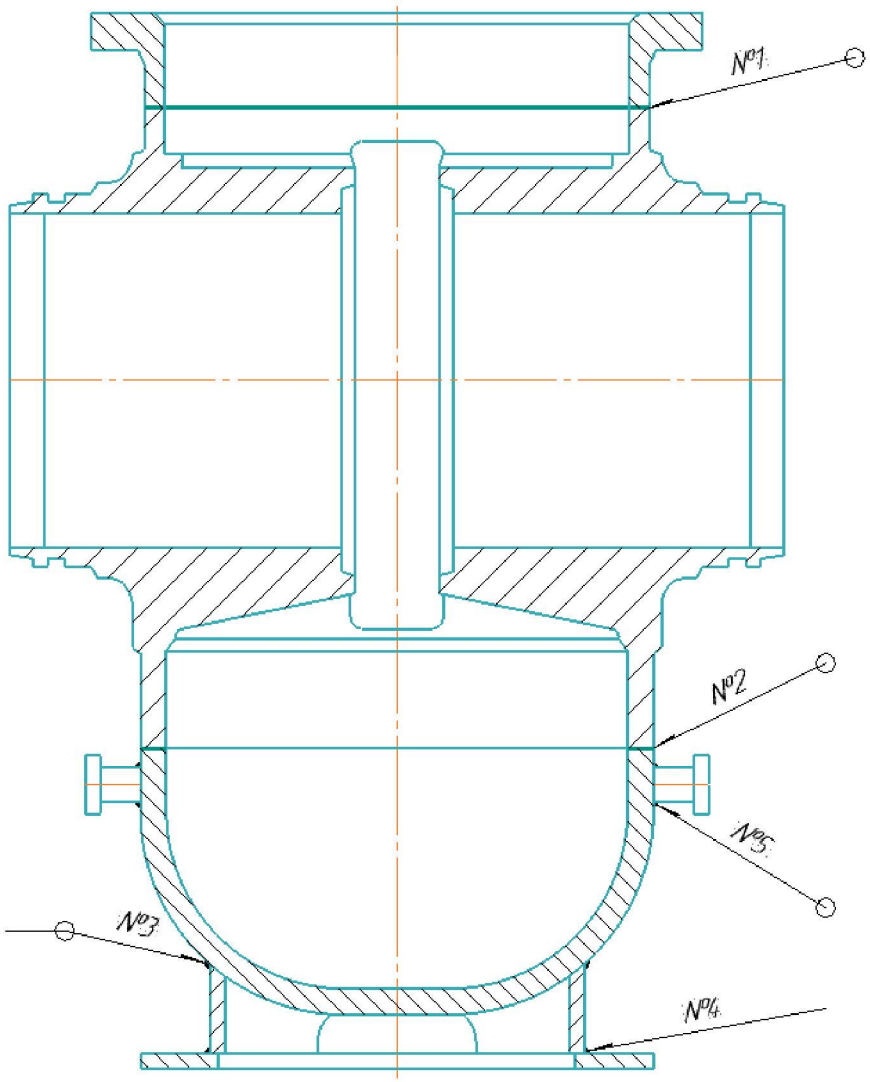
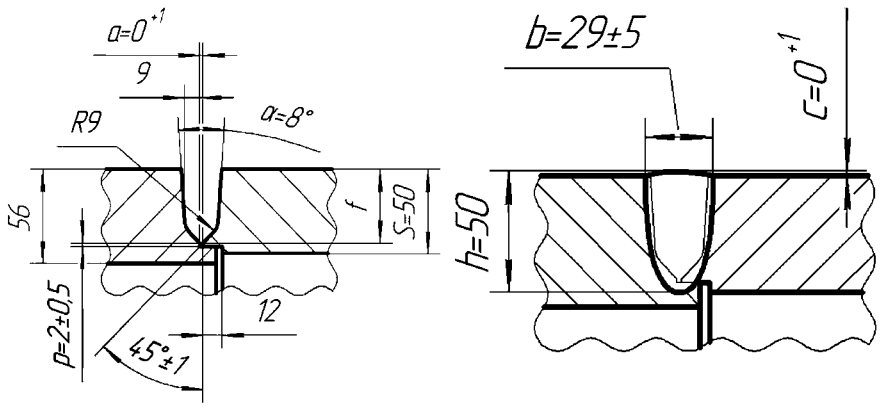


Рисунок 4.2 – Проектируемые сварные соединения

Согласно ГОСТ 33852 – 2016 [11] выбор сварных соединений и способа сварки проводим по СТ ЦКБА 025 – 2006 [20].

Шов № 1 предназначен для приварки крестовины к фланцу. Имеет стыковое соединение С26, которое представлено на рисунке 4.3. Согласно СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] данное сварное соединение выполняется автоматической сваркой под слоем флюса. Толщина металла в зоне сварки – 50 мм.



а) б)

Рисунок 4.3 – Размеры конструктивных элементов и выполненного шва № 1: а) подготовленные кромки свариваемых деталей; б) выполненный сварной шов

Так как шов № 1 стыковой то его проверка на прочность будет проводиться по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F}, \tag{9}$$

$$\frac{N}{F} \leq [\sigma], \tag{10}$$

Площадь сечения F можно найти по следующей формуле:

$$F = l_{ш} \cdot \delta, \tag{11}$$

где $l_{ш}$ – длина шва, мм;

δ – толщина стенки.

Длина сварного соединения равняется:

$$l_{ш} = 3{,}14 \cdot 1340 = 4207{,}6 \text{ мм}$$

Следовательно, площадь сечения F равняется:

$$F = 3{,}14 \cdot 1340 \cdot 50 = 210380 \text{ мм}^2$$

По формуле определим продольную силу N:

$$N = P \cdot S, \tag{12}$$

где P – расчетное давление, МПа;

S – примерная площадь поверхности, мм^2

$$N = 2{,}5 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 1340^2}{4} = 3523865 \text{ Н}$$

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq [\sigma] = \frac{3523865}{210380} = 16{,}75 \text{ МПа}$$

$$16{,}75 \leq 156{,}6 \text{ МПа}$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве получилось меньше нормативного значения, то сварное соединение № 1 является работоспособным.

Шов № 2 предназначен для приварки крестовины к днищу. Имеет стыковое соединение С26, представленное на рисунке 4.4. Согласно СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] выполняется автоматической сваркой под слоем флюса.

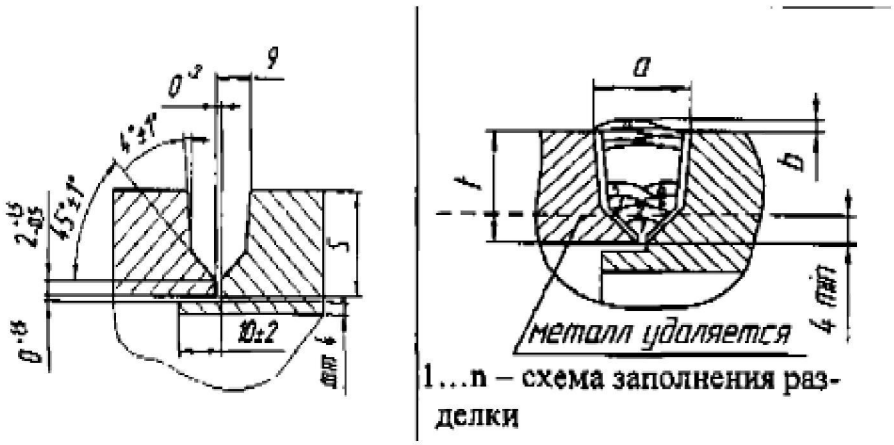


Рисунок 4.4 – Размеры конструктивных элементов и выполненного шва № 2: а) подготовленные кромки свариваемых деталей; б) выполненный сварной шов

Так как шов № 2 стыковой то его проверка на прочность будет проводиться по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F}, \tag{13}$$

Площадь сечения F можно найти по следующей формуле

$$F = l_{ш} \cdot \delta, \tag{14}$$

где $l_{ш}$- длина шва, мм;

δ - толщина стенки.

Длина сварного соединения равняется:

$$l_{ш} = 3{,}14 \cdot 1340 = 4207{,}6 \text{ мм}$$

Следовательно, площадь сечения F равняется:

$$F = 3{,}14 \cdot 1490 \cdot 58 = 210380 \text{ мм}^2$$

По формуле определим продольную силу N:

$$N = P \cdot S$$

где P – расчетное давление, МПа;

S – примерная площадь поверхности, мм^2

$$N = 2{,}5 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 1340^2}{4} = 3523865 \text{ Н}$$

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq [\sigma] = \frac{3523865}{210380} = 16{,}75 < 156{,}6$$

$$16{,}75 < 156{,}6 \text{ МПа}$$

Так как вычисленное значение напряжения в сварном шве получилось меньше нормативного значения, то сварное соединение № 2 является работоспособным.

Шов № 3 предназначен для приварки кольца к опоре имеет тавровое соединение Т1 представлено на рисунке 4.5. Выполняется механизированной сваркой в среде защитных газов по ГОСТ 33857 – 2016 [11].

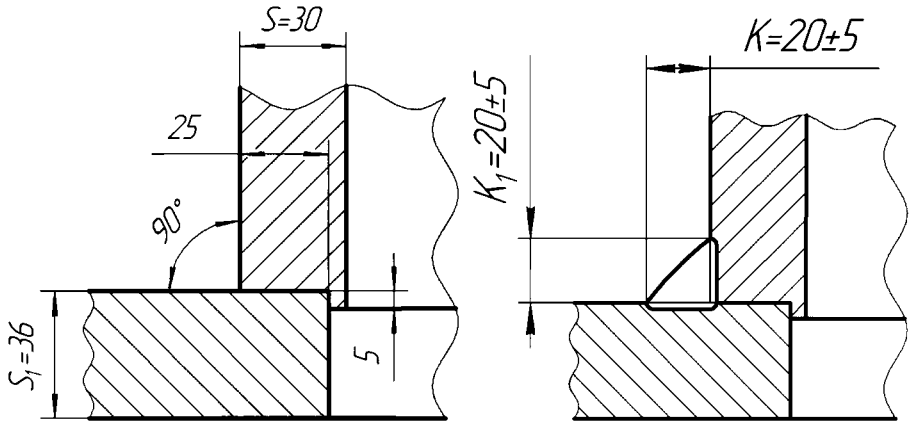


Рисунок 4.5 – Размеры конструктивных элементов и выполненного шва № 3: а) подготовленные кромки свариваемых деталей; б) выполненный сварной шов рассчитывается по следующей формуле:

$$\frac{N}{2{,}8 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_{ш}} \leq R_{th} \cdot \gamma_c, \quad (15)$$

где N – продольная нагрузка, H;

β_f – коэффициент, принимаемый при сварке элементов из стали, с пределом текучести до 580 МПа;

k_f – катет шва, мм;

$l_{ш}$ – длина шва, мм;

R_{th} – расчетное сопротивление растяжению в направлении толщины проката, которое следует принимать $0{,}5 \cdot R_u$,МПа;

γ_c – коэффициент работы шва, равный 1.

Расчетное сопротивление стали R_u растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению для листового проката из стали 09Г2С равняется 450 МПа. Следовательно, $R_{th} = \frac{450}{2} = 225$ МПа.

Длина шва рассчитывается по формуле:

$$l_{ш} = \pi D, \quad (16)$$

$$l_{ш} = \pi D = 3{,}14 \cdot 30 = 94{,}2 \text{ мм}$$

Нагрузка вычисляется по формуле:

$$N = P \cdot S, \quad (17)$$

где P – расчетное давление;

S – площадь поверхности.

$$N = P \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 2{,}5 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 30^2}{4} = 1766{,}25 \text{ Н}$$

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$\frac{1766{,}25}{2{,}8 \cdot 0{,}7 \cdot 20 \cdot 94{,}2} \leq 225 \cdot 1$$

$$0{,}48 \leq 225$$

Условие выполняется, таким образом, сварное соединение №3 является работоспособным.

Шов № 4 предназначен для приварки цапфы к корпусу. Имеет угловое соединение Т4. Согласно СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] механизированной сваркой в среде защитных газов. Расчетная схема представлена на рисунке 4.6.

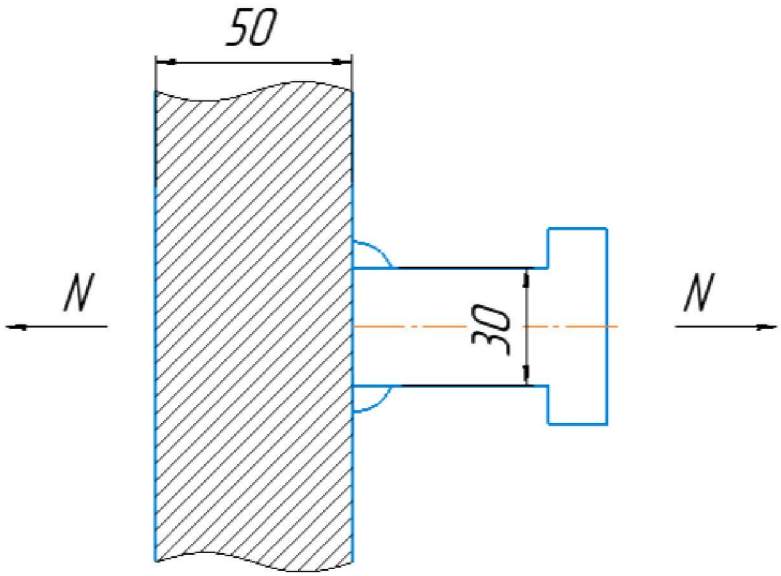


Рисунок 4.6 – Расчетная схема сварного соединения

Шов № 4 рассчитывается по следующей формуле:

$$\frac{N}{2{,}8 \cdot \beta_f \cdot k_f \cdot l_{ш}} \leq R_{th} \cdot \gamma_c, \qquad (18)$$

где N – продольная нагрузка, Н;

β_f – коэффициент, принимаемый при сварке элементов из стали, с пределом текучести до 580 Мпа;

k_f – катет шва, мм;

$l_{ш}$ – длина шва;

R_{th} – расчетное сопротивление растяжению в направлении толщины проката, МПа;

γ_c - коэффициент работы шва, равный 1.

Расчетное сопротивление стали R_u растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению для листового проката из стали 09Г2С равняется

450 МПа. Коэффициентβ_f, принимаем равным 0,7. Следовательно, $R_{th} = \frac{450}{2} = 225$ МПа.

Длина шва рассчитывается по формуле:

$$l_{ш} = \pi D, \quad (19)$$

$$l_{ш} = \pi D = 3{,}14 \cdot 30 = 94{,}2 \text{ мм}$$

Нагрузка вычисляется по формуле:

$$N = P \cdot S, \quad (20)$$

где P – расчетное давление;

S – площадь поверхности.

$$N = P \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 2{,}5 \cdot \frac{3{,}14 \cdot 30^2}{4} = 1766{,}25 \text{ Н}$$

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$\frac{1766{,}25}{2{,}8 \cdot 0{,}7 \cdot 10 \cdot 94{,}2} \leq 225 \cdot 1$$

$$0{,}956 \leq 225$$

Условие выполняется, таким образом, сварное соединение № 4 является работоспособным.

Шов № 5 предназначен для приварки опоры к днищу. Имеет угловое соединение Т1. Согласно СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] выполняется механизированной сваркой в среде защитных газов. Расчетная схема представлена на рисунке 4.7.

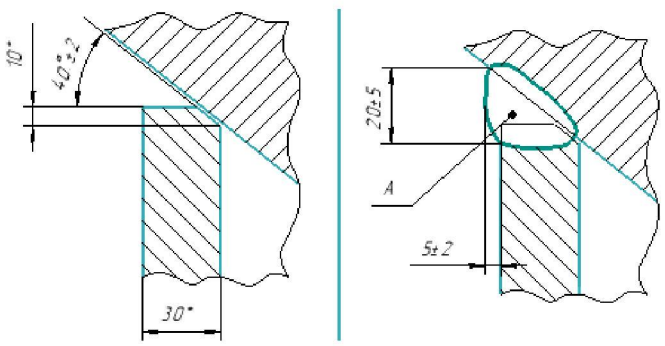


Рисунок 4.7 – Расчетная схема сварного соединения

Сварной шов имеет следующие параметры: S=30 мм, l=36^{+4}_{-3}мм, $q = 19^{+4}_{-3}$ мм.

Шов № 5 рассчитывается по следующей формуле:

$$\tau = \frac{P}{F} \leq [\tau], \quad (21)$$

где $[\tau]$ – допускаемые напряжения в сварном шве при срезе, которые равняются $[\tau] = 0{,}5 \ldots 0{,}6[\sigma] = 0{,}5 \cdot 147 = 73{,}5$ МПа;

τ – напряжение среза в угловом сварном соединении, МПа;

P – усилие, действующее на опору, H;

F – площадь поперечного сечения шва, H.

Для таврового шва площадь поперечного сечения находится по следующей формуле:

$$F = \beta h_{ш} l_{ш}, \quad (22)$$

где β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва;

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

$l_{ш}$ – длина шва, мм.

Длина шва вычисляется по формуле:

$$l_{ш} = 3{,}14 \cdot 32 = 100{,}48 \text{ мм}$$

Для рассматриваемого углового соединения величина $h_{ш}$ вычисляется по формуле:

$$h_{ш} = \sqrt{e^2 + g^2} = \sqrt{19^2 + 19^2} \approx 26{,}87$$

Площадь поперечного сечения равна:

$$F = 0{,}7 \cdot 26{,}87 \cdot 100{,}48 = 1890 \text{ мм}^2$$

Усилие, действующее на опору, вычисляется по формуле:

$$P = \frac{G}{2}, \quad (23)$$

где G – вес задвижки, Н.

$$P = \frac{16800}{2} = 8400 \text{ Н}$$

$$\tau = \frac{8400}{1890} \approx 4{,}44$$

$$\tau = 4{,}44 \leq 73{,}5$$

Таким образом, сварное соединение № 5 является работоспособным.

5 Выбор способа сварки

Задвижка шиберная типа ПТ 19005 – 1000 применяется в цепях технологических трубопроводов для перекрытия подачи жидкой фракции.

Корпус задвижки изготавливается из стали 20ГЛ по ГОСТ –21357 – 87.

В соответствии с заводской технологией изготовления сварка элементов конструкции задвижки: фланца и крестовины, крестовины и днища, кольца и опоры, кольца и днища, цапф и крестовины осуществляется с применением ручной дуговой сварки покрытым электродом. При этом сборочные операции осуществляются с использованием простейших универсальных приспособлений.

Анализ применяемой технологии сварки и используемой оснастки показывает, что подобная технология сварки в должной мере не обеспечивает стабильности и устойчивости хода процесса сборки и сварки с соблюдением требуемых параметров процесса в соответствии с техническими требованиями на изделие. При этом процессы ручной дуговой сварки, используемые по базовой технологии, не обеспечивают высокой производительности.

Анализ конструкции элементов изделия корпуса показывает, что их конструкция отвечает требованиям технологичности на стадии механической обработки и последующей сварки. При этом также соблюдаются требования для применения материала и энергосберегающих технологий заготовительного производства.

Разделки кромок, их конструктивные размеры, а также сварные швы должны соответствовать установленным требованиям, которые предусматривают использование различных методов сварки. Среди них можно выделить: автоматическую сварку под слоем флюса, ручную дуговую сварку с покрытыми электродами и механизированную сварку с плавящимся электродом в защитной газовой среде.

При механизированной сварке, в которой используется плавящийся электрод в атмосфере защитных газов, газ подается через сопло напрямую в область дуги. Тепло, выделяемое дугой, расплавляет как основной металл, так и элек-

тродную проволоку. Когда расплавленный металл из сварочной ванны остывает, он кристаллизуется и образует сварной шов. На Рисунке 5.1 представлена схема этой сварочной техники с использованием защитных газов.

В качестве защитных газов могут использоваться как инертные (аргон и гелий), так и активные (углекислый газ, водород, кислород и азот) газы, а их подача может происходить как центрально, так и сбоку. Для сварки с высокой скоростью часто выбирается боковая подача газа, так как центральная подача может оказаться неэффективной из-за влияния неподвижного воздуха, который способен развеять защитную струю.

Сквозняки или ветер во время сварочного процесса могут привести к плохой защите шва, что в свою очередь негативно сказывается на качестве сварного соединения.

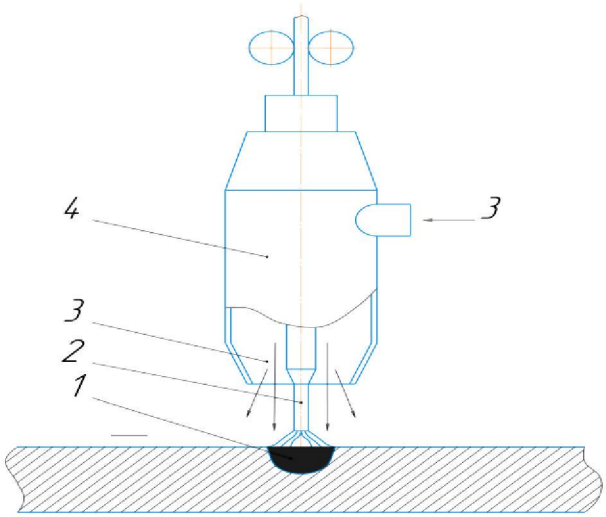


Рисунок 5.1 – Принципиальная схема сварки плавящимся электродом в среде защитных газов и их смесях: 1 – сварочная дуга, 2 – электродная проволока, 3 – защитный газ, 4 – газовое сопло

Теплофизические характеристики защитных газов значительно воздействуют на технологические аспекты дуги и форму получаемых швов. Широкий ассортимент защитных газов с разнообразными теплофизическими свойствами открывает обширные возможности для применения данного метода.

Среди явных преимуществ сварки в защитной газовой среде по сравнению с другими методами следует отметить: высокое качество сварных соединений на различных металлах и сплавах с различной толщиной; возможность

сварки в разных пространственных ориентациях; визуальный контроль за процессом формирования шва, что особенно актуально при механизированной сварке; отсутствие необходимости в засыпке и уборке флюса и шлаков; высокая производительность процесса и простота механизации и автоматизации; а также экономическую выгоду от использования защитных газов. Однако, к недостаткам данного метода можно отнести необходимость защиты от световой и тепловой радиации.

Автоматическая сварка под флюсом находит свое применение в серийном и массовом производстве, позволяя выполнять длинные прямолинейные и кольцевые швы в нижнем положении на металлах толщиной от 2 до 100 мм. Этот метод используется для сварки различных классов металлов и широко применяется в производстве котлов, резервуаров для жидкостей и газов, корпусов судов, мостовых балок и других изделий. Он является ключевым элементом автоматизированных линий для изготовления сварных колес для автомобилей и установок для производства прямошовных и спиральных труб.

Для автоматической дуговой сварки под флюсом применяется непокрытая электродная проволока вместе с флюсом, который защищает дугу и сварочную ванну от контакта с воздухом. Все операции, такие как подача и перемещение проволоки, зажигание дуги и заварка кратера в конце шва, полностью автоматизированы.

Чтобы достичь равнопрочности соединений, важно правильно подбирать составы флюсов и проволок, а также оптимизировать режимы и технологии сварки. В рамках данной конструкции используется флюс *Lincolnweld FX*8500 *EN* 760. *ASMESFA* 5.17/23 и электродная проволока марки L-61 *BSEN*756 2004 *ASMESFA* 5.17 2005. Легирование шва марганцем из проволоки и кремнием из основного металла при соблюдении нужного термического цикла (погонной энергии) позволяет получать металл шва с необходимыми механическими свойствами. Применение указанных материалов способствует высокой стойкости швов к образованию пор и кристаллизационным трещинам.

В процессе автоматической сварки под флюсом дуга формируется между проволокой и основным металлом. Столб дуги и ванна расплавленного металла окружены слоем флюса толщиной от 30 до 35 мм. Часть этого флюса расплавляется, образуя газовую полость вокруг дуги, а на поверхности расплавленного металла формируется ванна жидкого шлака. Такой способ сварки обеспечивает глубокое проплавление основного металла. Сильная дуга и быстрое движение электрода вызывают оттеснение расплавленного метала в сторону, противоположную движению сварки.

В ходе поступательного движения электрода происходит затвердевание металлической и шлаковой ванн, что приводит к образованию сварного шва, покрытого твердой шлаковой коркой. Подавать проволоку в дугу и перемещать её вдоль шва помогают механизмы подачи и перемещения, а электрический ток поступает к электроду через токопровод.

Для сварных соединений № 1 и № 2 мы выберем автоматическую сварку под слоем флюса, в то время как для соединений № 3, № 4 и № 5 предпочтительна механизированная сварка в среде защитных газов.

6 Обоснование выбора сварочных материалов

Процесс сварки осуществляется с использованием специальных сварочных материалов, которые обеспечивают сложное физико-химическое взаимодействие между расплавленными основным металлом и электродом. Эти реакции происходят в газовой и шлаковой фазах и завершаются в сварочной ванне, что приводит к формированию шва с необходимым химическим составом и требуемыми эксплуатационными характеристиками.

Высокоосновные флюсы и шлаки играют важную роль, очищая металл шва и, в некоторых случаях, модифицируя его структуру, что способствует повышению устойчивости к образованию горячих трещин. Механизированные методы сварки обеспечивают равномерное проплавление основного металла вдоль шва и стабильность термического режима, благодаря чему структура сварного соединения становится более однородной и надежной по всей длине.

При применении механизированной сварки с тонкими электродными проволоками, поперечные колебания электрода влияют на процесс кристаллизации металла шва, уменьшая вероятность возникновения горячих трещин.

В связи с выбранными ранее способами сварки необходимо использовать сварочную проволоку, флюсы и покрытые электроды.

Для обеспечения требуемых механических и химических свойств сварных швов необходимо использовать следующие сварочные материалы:

– электроды УОНИ – 13/55;
– сварочные проволоки: Св – 08Г2С, *L* – 61 *BSEN* 756 2004.*ASMESFA* 5.17 2005;
– флюсы: АН – 348А или *LincolnweldFX* 8500 *EN* 760. *ASMESFA* 5.17/23.

Электроды с основным покрытием марки УОНИИ – 13/55 предназначены для сварки конструкций повышенной ответственности из углеродистых и низколегированных сталей, когда к сварным швам предъявляются высокие требования по пластичности и ударной вязкости. Они особенно рекомендуются для работы при низких температурах, вплоть до – 40°С. Стержни из проволоки марок Св – 08, Св – 08А согласно ГОСТ 2246 – 70 выпускаются диаметром 2,0; 2,5; 3,0; 4,0 и 5,0 мм.

Механические свойства, химический состав и размеры электродов УОНИ – 13/55 представлены в таблицах 9, 10, 11.

Таблица 9 – Механические свойства металла шва сварочных электродов УОНИ – 13/55 по ГОСТ 9466 – 75

Временное сопротивление МПа	Относительное удлинение %	Ударная вязкость Дж/см^2
490,0	Не менее 20,0	Не менее 127,0

Характеристика плавления электродов:

Производительность (для диаметра 4,0 мм) 1,4 кг/ч, коэффициент наплавки 9,5 г/(А ч). Расход электродов на 1 кг наплавленного металла 1,7 кг.

Таблица 10 – Химический состав наплавленного металла

Элемент	Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор
Содержание, %	0,08…0,110	0,80…1,20	0,20…0,30	не более 0,030	не более 0,035

Таблица 11 – Размеры электродов УОНИ – 13/55 и сила тока при сварке

Диаметр, мм	Длина, мм	Ток, А	Среднее количество электродов в 1 кг, шт.
3,0	350,0	80,0…140,0	39
4,0	450,0	140,0…220,0	16
5,0	450,0	160,0…260,0	11

Металл сварного шва отличается высокой устойчивостью к появлению кристаллизационных трещин и содержит минимальное количество водорода, что в свою очередь является важным фактором, влияющим на долговечность и надежность сварных соединений в самых различных условиях эксплуатации. Для выполнения сварочных работ рекомендуется использовать метод короткой дуги с опиранием, который считается оптимальным с точки зрения контроля тепловложений и качества формируемого шва. Края свариваемых деталей необходимо тщательно очистить от окалины, ржавчины и масляных загрязнений, поскольку именно это подготовительное мероприятие обеспечивает высокую адгезию и отсутствие дефектов в процессе сварки.

Эти электроды применяются при сварке особо ответственных металлоконструкций, которые работают в условиях динамических нагрузок и отрицательных температур, например, сосудов под давлением и судостроительных конструкций, что делает их использование особенно востребованным в промышленности с повышенными требованиями к безопасности и долговечности. Также их используют при сварке крупногабаритных элементов и для заварки дефектов литья, что позволяет значительно повысить качество и эксплуатационные характеристики готовых изделий.

Особенности технологии сварки электродами УОНИ – 13/55 включают обязательную прокалку перед началом работ при температуре от 150 до 180 °С в течение 30 минут, что является необходимой процедурой для удаления влаги с поверхности электродного покрытия и предотвращения возникновения пористости в шве. Сварка ведется короткой дугой по предварительно очищенным кромкам, что способствует стабильному горению дуги и равномерному формированию сварочного валика, а также уменьшает разбрызгивание металла.

При механизированной сварке с плавящимся электродом в защитных газах или их смесях используется так называемая голая сварочная проволока без покрытия. Ее поверхность должна быть гладкой и чистой, без ржавчины, окалины, масла и иных загрязнений, так как любые примеси на поверхности проволоки могут негативно сказаться на качестве сварного шва. Проволока делится на два вида — омеднённую и неомеднённую. Омеднение улучшает электрический контакт с токоподводящим устройством и снижает коррозионные риски, тем самым увеличивая срок службы сварочного оборудования и качество сварочного процесса в целом.

Для защиты от загрязнений проволоку упаковывают в водонепроницаемую бумагу, что обеспечивает сохранность материалов при транспортировке и хранении, а также предотвращает попадание влаги и пыли. При диаметре проволоки от 0,3 до 0,8 мм мотки, бухты или катушки укладываются в жёсткую тару, выстланную слоем водонепроницаемой бумаги, обеспечивая тем самым дополнительную защиту от механических повреждений и нежелательных воздей-

ствий окружающей среды. Проволоку диаметром свыше 0,8 мм упаковывают в полиэтиленовую или полимерную пленку либо специализированную ткань, что позволяет сохранить её эксплуатационные характеристики на протяжении длительного времени.

Транспортировка сварочной проволоки должна осуществляться в чистых крытых вагонах, контейнерах или автофургонах, предотвращающих попадание пыли и осадков, что особенно важно для сохранения первозданного состояния материала и исключения необходимости дополнительной очистки перед использованием. Хранение выполняется в сухом, закрытом помещении, исключающем коррозию, загрязнения и механические повреждения, что способствует долгосрочному сохранению свойств проволоки. В случае загрязнения проволоку очищают пескоструйным методом, травлением или протягиванием через очистительные устройства, позволяющими восстановить чистоту поверхности и подготовить её к качественному сварочному процессу.

Каждая партия проволоки поставляется с сертификатом производителя, содержащим марку, результаты химического анализа и испытаний, массу и номер партии, что обеспечивает прозрачность качества и возможность отслеживания материала на всех этапах производства и применения.

Стальная сварочная проволока производится согласно ГОСТ 2246 – 70 и специальным техническим условиям, что гарантирует соответствие международным стандартам и требованиям безопасности. В зависимости от химического состава проволока делится на низкоуглеродистую, легированную и высоколегированную, что позволяет подобрать оптимальный материал под конкретные технические задачи. В ГОСТ 2246 – 70 включено 77 марок проволоки с диаметрами от 0,3 до 12 мм, что обеспечивает широкий выбор проволоки для самых различных видов сварочных работ и промышленного применения.

Проволока диаметром 5 мм включительно предназначена для механизированных способов сварки, поставляется в мотках прямоугольного сечения, пригодных для непосредственного (без перемотки) использования в сварочных автоматах и полуавтоматах. Размеры мотков в зависимости от диаметра прово-

локи должны соответствовать нормативным документам. Эти проволоки применяют для различных видов сварки углеродистых и низколегированных сталей.

Сварочную проволоку для механизированной сварки выбирают согласно СТ ЦКБА 025 – 2006 [20]. Для данного изделия выбирают проволоку марки Св – 08Г2С по ГОСТ 2246 – 70 [26]. Химический состав приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Химический состав проволоки Св – 08Г2С по ГОСТ 2246 – 70

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
Содержание %	Не более 0,1	0,6 – 0,85	1,4 – 1,7	Не более 0,2	Не более 0,25	Не более 0,025	Не более 0,03

Покрытая медью проволока *L* – 61 *BSEN* 756 2004.*ASMESFA* 5.17 2005 сплошного сечения используется для сварки сталей углеродистого и низколегированного типа. Химический состав представлен в таблице 13. Материал обладает уникальными сварочно-технологическими характеристиками. Также не исключается возможность использования с разного рода флюсами.

Таблица 13 – Химический состав проволоки марки *L* – 61 *BSEN* 756 2004 *ASMESFA* 5.17 2005

Элемент	Углерод	Кремний	Марганец	Хром	Никель	Сера	Фосфор
Содержание, %	0,1	0,250	1,0	не более 0,20	не более 0,250	не более 0,020	не более 0,030

Углекислый газ производится согласно установленному стандарту ГОСТ 8050 – 85 [27] и представлен в трёх различных марках, что позволяет выбрать наиболее подходящий вариант в зависимости от конкретных условий эксплуатации и требований. Для сварочных работ используют газ с чистотой не ниже 99,5%, что обеспечивает необходимый уровень качества и стабильности процесса. Его хранят и транспортируют в жидком состоянии в специально предназначенных для этого стальных баллонах объёмом 40 литров при давлении от 6,0 до 7,0 МПа, что является оптимальным для сохранения свойств газа и удобства использования. Баллоны имеют чёрную окраску, что облегчает их идентифика-

цию и соответствует принятым нормам безопасности. Поскольку углекислый газ относится к классу окислительных газов, он преимущественно применяется для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей, что обусловлено его химическими и физическими характеристиками. Основная функция газа – обеспечение защиты расплавленного металла от воздействия азота воздуха, что значительно снижает вероятность образования дефектов и улучшает качество сварного шва.

Кроме того, для защиты сварочной зоны широко используют различные газовые смеси, составленные из аргона в сочетании с такими компонентами, как гелий, водород, азот, углекислый газ и кислород. Эти смеси специально подбираются в зависимости от конкретного типа сварочных работ и материала, с которым ведётся работа. В ряде случаев такие газовые смеси демонстрируют улучшенные технологические характеристики по сравнению с использованием одиночных газов, повышая эффективность и стабильность процесса сварки, а также улучшая свойства готового изделия.

Флюс АН – 348А по ГОСТ 9087 – 81 [28] предназначен для механизированной и автоматической дуговой сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Химический состав представлен в таблице 14.

Высококремнистый высокомарганцовистый оксидный флюс с химической активностью от 0,7 до 0,75. При сварке – наплавке под флюсом интенсивно протекают кремне и марганце восстановительные процессы. Содержание кислорода в металле шва в виде оксидных мелкодисперсных включений составляет 0,06 %. Особо интенсивно взаимодействие между флюсом и металлом при сварке проволокой малых диаметров (до 3 мм).

Концентрация серы и фосфора в металле швов в среднем составляет 0,04% каждого. Не рекомендуется для сварки конструкций, работающих в условиях Севера или при температуре ниже минус 30 ^{0}С.

Таблица 14 – Химический состав флюса АН – 348А по ГОСТ 9087 – 81

Соединение/элемент	Оксид кремния	Оксид марганца	Оксид кальция	Оксид магния	Оксид алюминия	Сера	Фосфор
Содержание %	40,0 – 44,0	31,0 – 38,0	Не более 12,0	Не более 7,0	Не более 6,0	Не более 0,150	Не более 0,120

В данном разделе проведён детальный анализ и обоснование выбора сварочных материалов, применяемых для сварки соединений конструкции.

Для автоматической сварки под слоем флюса был определён флюс АН – 43, а в качестве сварочной проволоки выбрана Св – 08Г2С.

Для ручной аргонодуговой сварки в качестве защитного газа отданы предпочтение аргоновой среде, а для сварки сохранили использование проволоки Св – 08Г2С.

Кроме того, рассмотрены вопросы условий хранения как проволоки, так и флюса, а также установлены режимы сушки флюса для поддержания качества материалов.

Был представлен детальный химический состав сварочных материалов, что свидетельствует об их пригодности для сварки конструкции 09Г2С с применением установленных технологических норм и требований, позволяющих обеспечить стабильное качество сварного соединения и надежность всего процесса производства.

7 Техника и технология сварки конструкции

Базовая технология изготовления корпуса задвижки шиберной включает в себя следующие этапы:

а) Входной контроль заготовок и материалов, поступающих на предприятие.

б) Заготовительный участок. Здесь получают и обрабатывают заготовки с помощью газорезки, рубки, вальцовки и штамповки. При вальцовке листов большой толщины листы предварительно подогревают.

г) Механический участок. Здесь деталям, предназначенным для сварки, делают разделку кромок, а деталям, входящим в состав изделия без сварки, проводят чистовую механическую обработку.

д) Сборочно-сварочный участок. Здесь детали собирают в узлы. Для контроля используют рентгенографию, ультразвуковую и цветную дефектоскопию.

е) Заключительная механическая обработка. Если дефект не обнаружен, то сварочные сборочные единицы передают на этот этап, где детали обрабатывают на станках с числовым программным управлением.

ж) Участок гальванопокрытий. Здесь детали, обеспечивающие герметичность узла затвора, покрывают хромовым или цинковым покрытием. Качество гальванопокрытия контролируют специальными методами, включая замеры твёрдости и толщины покрытия электронными приборами.

В данном базовом технологическом процессе изготовления корпуса шиберной задвижки используется автоматическая сварка под слоем флюса, механизированная сварка в среде защитных газов. Для транспортировки обечайки и магистральных фланцев применяется мостовой кран. Сварку выполняют на роликовых вращателях на специальной сварочной колонне.

Литьё стальных шиберных задвижек может осуществляться разными методами, например: гравитационное литьё в сырые формы, песчаные холодно твердеющие смеси, в кокиль, оболочковые формы или по выплавляемым моделям.

Процесс литья по выплавляемым моделям:

а) Из парафина, стеарина или воска изготавливают макет будущей детали.

б) Макет несколько раз окунают в расплавленную жидкость из огнеупорного состава с добавлением специальных примесей.

в) Получившуюся форму закаляют в печи с нагревом до 10000 °С с последующей выплавкой парафина из сердцевины.

г) После этого в форму заливают расплавленный металл, охлаждают и выбивают готовую деталь.

Для изготовления обечаек и заготовок для корпусных деталей применяют заготовки из листового проката.

Для получения заготовок требуемых геометрических размеров и формы проводится резка металла.

Газопламенная резка основана на нагревании металла до температуры воспламенения подогревающим пламенем, сгорании (интенсивном окислении) металла в струе кислорода и принудительном удалении этой струей образующихся оксидов.

По степени механизации процесса различают резку: ручную; механизированную с использованием машин термической резки; комплексно-автоматизированную, выполняемую на поточных линиях, оснащенных машинами с ЧПУ.

Процесс изготовления днищ методом штамповки включает несколько этапов:

а) Изготовление круглой заготовки из листа металла. Как правило, это происходит с помощью механической или плазменной резки. Заготовка должна быть больше внутреннего диаметра конечного изделия, так как учитывается вытяжка при штамповке и припуск на обрезку.

б) Придание сферической формы с помощью гидравлического штамповочного пресса.

в) Отбортовка – заготовка приобретает ровные края. Отбортовка может быть произведена двумя способами: заготовка перемещается между двумя ме-

таллическими роликами и прессуется или помещается в специальный станок, который при непрерывном движении получает нужную форму.

г) Термическая обработка в печи для восстановления свойств металла.

д) Обработка краёв согласно требованиям заказчика (как правило, шлифованием или плазменной резкой).

Литые, кованые и штампованные заготовки обычно поступают на сварку в виде, не требующем дополнительных операций. По-другому обстоит дело с деталями из проката. После подбора металла по размерам и маркам стали необходимо выполнить следующие операции: правку, разметку, резку, обработку кромок, гибку и очистку под сварку.

Для резки металла и получения заготовки круглой формы назначена установка автоматизированного плазменного раскроя плазменный станок Автом – 3 с источником питания плазменной резки *Kjellberg – HiFocus* 440*i neo* изображенных на рисунках 7.1 и 7.2. Технические характеристики установки автоматизированного плазменного раскроя Автом – 3 приведены в таблице 15.

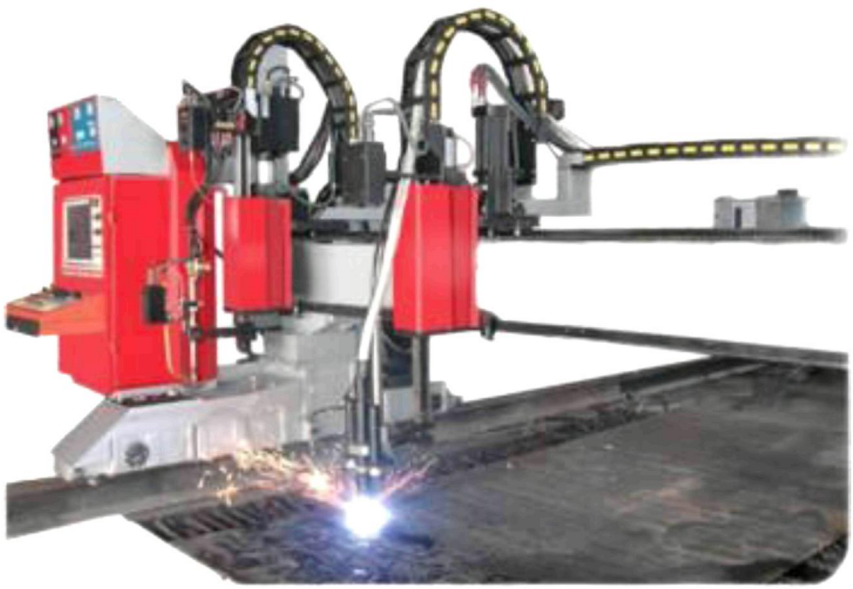


Рисунок 7.1 – Плазменный станок Автом – 3

Таблица 15 – Технические характеристики установки автоматизированного плазменного раскроя Автом – 3

Параметр	Значение
Тип конструкции	портальная
Материал станка	алюминий, конструктивный профиль, конструкционная сталь
Пределы раскроя по осям *X*; *Y*, мм	4000,0; 18000,0
Предел перемещения резака по оси *Z*, мм	150,0
Толщина обработки при плазменной резке, мм	возможности источника тока
Привод по осям *X*, *Y* и *Z*	зубчатая рейка и шестерня, ШВП
Привод поперечной балки, ось *Y*	двухсторонний
Скорость холостого хода по осям, мм/мин	0…6000,0
Тип направляющих	высокоточные рельсовые
Минимальные габаритные размеры, мм	3250,0×1650,0×600,0
Максимальные габаритные размеры, мм	6250,0×1850,0×900,0
Минимальная масса, кг	800,0
Максимальная масса, кг	1500,0

Технические характеристики источника питания (ИП) для плазменной резки *Kjellberg – HiFocus* 440*i neo* приведены в таблице 16.

Рисунок 7.2 – Источник питания для плазменной резки

Таблица 16 – Технические характеристики ИП

Параметр	Значение
Ток резки при 100 % ОДВ, А	360,0
Режим маркировки, А	5,0…50,0
Напряжение питания, В	400,0
Максимальная подключаемая нагрузка, кВт	127,0
Плазмообразующий газ	воздух, кислород, смесь азота с водородом, аргона с водородом
Газ для маркировки	аргон
Вихревой газ	воздух, азот, кислород
Прожиг, мм	0…55,0
Масса, кг	589,0
Габаритные размеры, мм	1030,0×680,0×1450,0

Выбранное оборудование для операции раскроя обеспечивает получение заготовок необходимой формы и размеров.

Цельноштампованные днища изготовляют методом горячей штамповки на гидравлическом прессе. Для штамповки полусфер назначен пресс П – 3236. Указанное оборудование предназначено для горячей и холодной штамповки деталей из листового и другого материала, а также гибки и отбортовки. Технические характеристики пресса приведены в таблице 17, а его внешний вид показан на рисунке 7.3.

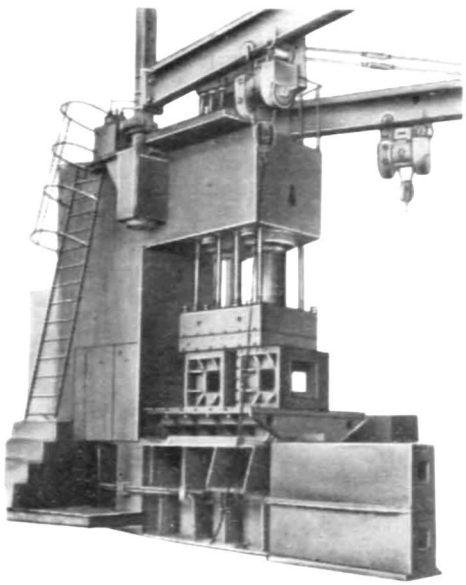


Рисунок 7.3 – Пресс П – 3236

Таблица 17 – Технические характеристики гидравлического пресса П – 3236

Параметр	Значение
Номинальное усилие, кН	4000,0
Ход ползуна, мм	1200,0
Расстояние между столом и ползуном, мм	1100,0
Мощность двигателя главного движения, кВт	73,0
Ширина и длина стола	2000,0×2400,0
Габаритные размеры станка, мм	5050,0×9180,0×5650,0
Масса, кг	72000,0

После прессования днища механическим путем удаляют окалину, проводят контроль толщины металла.

Для разделки кромок элементов корпуса шиберной задвижки выбран карусельно-токарный станок *TOS Powerturn* 1250, представленный на рисунке 7.4. Технические характеристики которого приведены в таблице 18.

Рисунок 7.4 – Карусельно – токарный станок

Таблица 18 – Технические характеристики карусельно-токарного станка *TOS Powerturn* 1250

Параметр	Значение
Максимальный диаметр изделия, мм	1400,0
Диаметр планшайбы, мм	1250,0
Максимальная высота изделия, мм	1800,0
Максимальная масса изделия, кг	8000,0
Число оборотов, мин$^{-1}$	2,0…400,0
Мощность электродвигателя, кВт	40,0
Количество инструментов в магазине	150,0
Потребляемая мощность, кВ ·А	100,0

Сборочная операция при изготовлении сварной конструкции имеет целью обеспечение правильного взаимного расположения и закрепления деталей собираемого изделия.

Перед сборкой необходимо проверить качество поверхности и правильность обработки кромок, в соответствии с требованиями чертежей и техпроцесса.

Сборку составных частей корпуса задвижки производят в вертикальном положении на сборочных плитах. Последовательность операций при сборке в этом случае такова. На плиту краном устанавливают крестовину, затем фланец с помощью крана стыкуют с крестовиной, выполняют прихватки.

Для сварки кольцевого шва данной конструкции наиболее подходящим является роликовый стенд модели Т – 30М показанный на рисунке 7.5.

После приварки фланца к крестовине, производят отпуск при температуре от 600 до 620ºС, за тем последующую механическую обработку сварного шва по наружному и внутреннему диаметрам. Кантуют корпус задвижки, с помощью крана стыкуют днище, с приваренными к нему кольцом и опорой, с корпусом. Выполняют прихватки и последующую сварку на роликовом стенде модели Т – 30М.

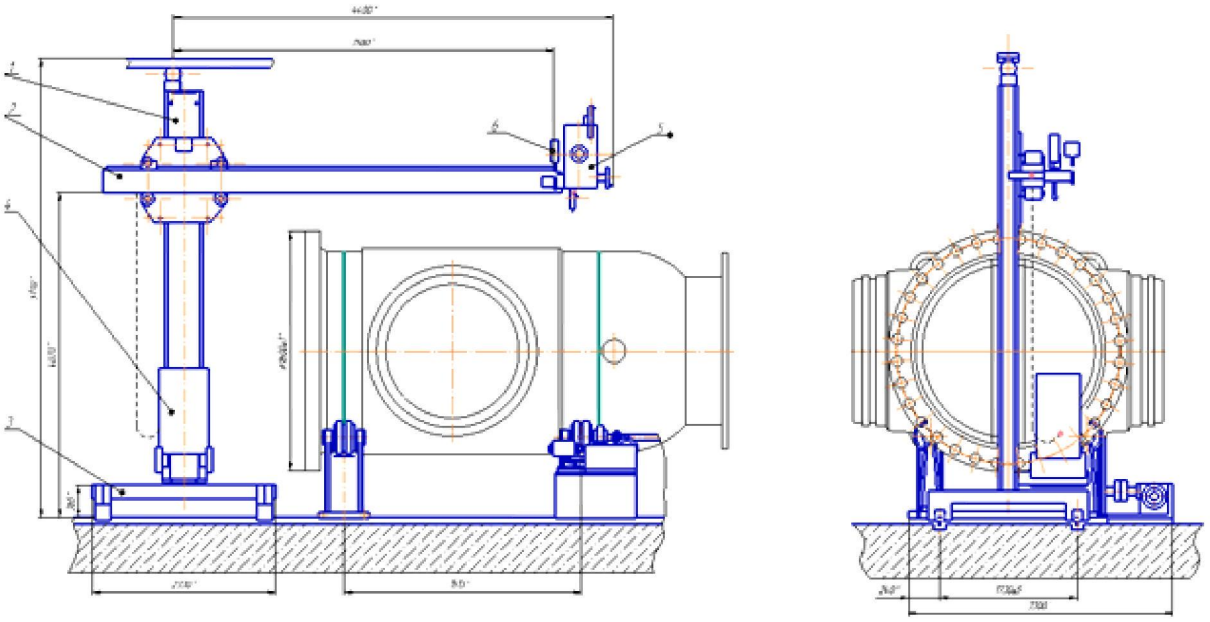


Рисунок 7.5 – Роликовый стенд модели Т-30М: 1 – колонна, 2 – стрела, 3 – основание, 4 – источник питания, 5 – автоматическая сварочная головка, 6 – блок управления

Роликовый стенд предназначен для вращения цилиндрических изделий с маршевой скоростью с целью их установки в удобное положение для сборки и сварки продольных швов, а также со сварочной скоростью при различных видах сварки кольцевых швов. Технические характеристики роликового стенда модели Т – 30М приведены в таблице 18.

Роликовый стенд предназначен для изделий массой до 12000 кг и диаметром от 300 до 4000 мм. Стенд состоит из пяти приводных роликоопор, пяти холостых перекидных роликоопор с рычагами и фиксаторами, привода типа

Р – 994. Приводные роликоопоры соединены продольными валами и муфтами и вместе с холостыми опорами смонтированы на раме. Одна из приводных роликоопор смонтирована совместно с червячным редуктором, через который передается вращение от привода. Остальные приводы, роликоопоры безредукторные.

Привод типа Р – 994 обеспечивает вращение со скоростью, необходимой для автоматической сварки, а также с маршевой (установочной) скоростью. Привод состоит из асинхронного электродвигателя, клиноременной передачи, электродвигателя постоянного тока, червячной передачи и электромагнитной

муфты. При необходимости вращения с маршевой скоростью включается электродвигатель и движение через клиноременную передачу передается непосредственно на выходной вал, вращающийся с частотой 500 об/мин. В это время электродвигатель и муфта выключены, и червячное колесо передачи свободно сидит на валу. Для получения сварочной скорости включаются электродвигатель и муфта, соединяющая червячное колесо с валом. Электродвигатель в это время вращается вхолостую. Тележки для сварки кольцевых швов (для несамоходных сварочных аппаратов) и кольцевых и коротких прямолинейных швов (для самоходных аппаратов) имеют только маршевую скорость перемещения. Тележки для сварки кольцевых и длинных прямолинейных швов имеют наряду с маршевой и рабочую (сварочную) скорость перемещения.

Таблица 18 –Технические характеристики роликового стенда модели Т – 30М

Грузоподъемность, т	12,0
Допустимая нагрузка на одну роликовую опору, кг	3000,0
Скорость вращения изделий: при сварке, м/ч маршевая, м/ч	 12,0…90,0 800,0
Диаметр, мм: свариваемых изделий роликов	 300,0…4000,0 410,0
Мощность электродвигателей привода, кВт: сварочной скорости маршевой скорости	 0,85 3,2
Габаритные размеры узлов стенда (длина х ширина х высота), мм: привода роликовой опоры: Т5-5А редукторной Т5-2А приводной Т5-3А приводной холостой перекидной шкафа управления	 1080,0×415,0×390,0 654,0×59,01×510,0 520,0×410,0×510,0 680,0×410,0×510,0 420,0×700,0×510,0 780,0×505,0×685,0
Масса стенда, т	1,780

Для обеспечения процесса сварки элементов конструкции необходимо выполнить требуемые расчеты.

Проведем расчет скорости вращения крестовины.

Скорость сварки находим по формулам из расчета режимов сварки.

$$V_{\text{св}} = 26 \text{ м/ч } = 0{,}43 \text{ м/мин}$$

Формула, связывающая линейное и вращательное движение:

$$V_{\text{св}} = \omega \cdot R \text{ м/мин} \quad (24)$$

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

ω – угловая скорость вращения; об/мин;

R – радиус изделия, м.

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

$$\omega = \frac{V_{\text{св}}}{R} \text{ об/мин}, \quad (25)$$

где ω – угловая скорость вращения; об/мин;

V – скорость сварки, м/мин;

R – радиус изделия, м.

Тогда,

$$\omega = \frac{0{,}43}{0{,}7} = 0{,}6 \text{ об/мин}.$$

Таким образом, в данной выпускной квалификационной работе обоснованно предлагается использовать для сварки кольцевых швов фланца и крестовины, крестовины и днища роликовый стенд модели Т – 30М и поворотную колонну. Роликовый стенд обеспечивает вращение обечайки с требуемой сварочной скоростью для обеспечения сварки кольцевых швов.

Выбранное оборудование позволяет получить необходимые формы конструктивных элементов и разделку кромок соединяемых поверхностей конструкции.

8 Выбор сварочного оборудования

В соответствии с СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] для сварки должны применяться сварочные установки постоянного тока, оборудование и измерительная аппаратура, позволяющие обеспечить заданные режимы сварки, надежность в работе и контроль режимов сварки в процессе работы.

Применительно к предлагаемому варианту изготовления корпуса с применением автоматической сварки плавящимся электродом под слоем флюса предлагается использование сварочного автомата А – 1416 изображенного на рисунке 8.1. Это – подвесной самоходный автомат для электродуговой сварки плавящимся электродом длинномерных прямолинейных швов из низкоуглеродистой и легированной стали под слоем флюса. Автомат имеет блочно-модульную конструкцию и лазерную систему слежения за стыком. Современная конструкция с использованием компонентов европейских производителей *Festo, Camozzi, Lenze, Rexroth, Kabelschlepp*. Контроллер *Siemens*. Возможно управление с пульта, установленного на сварочной головке, и с пульта, установленного в шкафу управления. Позиционирование мундштука на стык с помощью специальных лучей датчиков слежения. Технические характеристики данного автомата А – 1416 представлены в таблице 19.

Рисунок 8.1 – Сварочный автомат А – 1416

Таблица 19 – Техническая характеристика автомата А – 1416

Технические характеристики	ВД – 506Д	ВДУ 1202 (1250)
Номинальное напряжение сети, В	380,0	380,0
Частота тока питающей сети, Гц	50,0	50,0
Номинальный сварочный ток, А	(при ПВ=60%) 560,0	(при ПВ=100%) 1000,0
Диапазон регулирования сварочного тока, А	60,0…580,0	250,0…1250,0
Количество электродов, шт	1	1
Диаметр сплошной электродной проволоки, мм	1,2…2,0 2,0…5,0	1,2…2,0 2,0…5,0
Пределы ступенчатого регулирования скорости подачи электродной проволоки, м/ч	47,0…509,0	47,0…509,0
Вертикальное перемещение сварочной головки ход, мм скорость, м/ч	250,0 29,4	250,0 29,4
Регулировка угла наклона электрода (мундштука), град	±25,0 ручное	±25,0 ручное
Маршевая скорость перемещения сварочной проволоки, м/ч	95,0	950,0
Флюсоаппаратура: Объём, $дм^3$ Расход воздуха, $м^3/ч$ Высота всасывания флюса, м	25,0 30,0 2,0	25,0 30,0 2,0
Масса, кг: Сварочной головки источника питания	 320,0…295,0 275,0	 320,0…295,0 550,0
Габаритные размеры, мм: Сварочной головки Источник питания	 960,0×860,0×1860,0 805,0×600,0×1030,0	 960,0×860,0×1860,0 960,0×680,0×890,0

В процессе механизированной сварки, который является достаточно сложным и многоступенчатым технологическим процессом в современной промышленности, применяются специализированные сварочные аппараты, вы-

полненные с учетом самых передовых технических решений и инновационных подходов. Именно такие аппараты обеспечивают автоматическую и непрерывную подачу сварочной проволоки, что значительно повышает эффективность и качество выполняемых сварочных работ, при этом движение сварочной дуги вдоль шва выполняется вручную, что позволяет оператору сохранять необходимый контроль над процессом и регулировать параметры в зависимости от конкретных условий сварки.

Для данного типа сварки был специально выбран полуавтоматический комплекс ПроМИГ-560, который разработан специально для промышленных нужд с акцентом на надежность и универсальность эксплуатации. Он отличается высоким качеством сварочных соединений при широком диапазоне токов, что делает его незаменимым инструментом на производстве. Кроме того, комплекс характеризуется простотой зажигания и стабильным горением дуги, что значительно упрощает работу оператора, а также способен успешно справляться с разнообразными сварочными задачами, включая как стандартные, так и более сложные виды сварки.

Стоит отметить, что ПроМИГ-560 представляет собой универсальный комплект для сварки в нескольких режимах — *MMA*, *MIG/MAG* и *TIG*, что расширяет его функциональные возможности и позволяет использовать его в различных сферах промышленности. Он обеспечивает возможность механизированного выполнения сварочных работ в различных пространственных положениях, что особенно важно для сварки сложных конструкций и узлов. Также устройство работает в широком диапазоне токов — до 500 А, что обеспечивает высокую производительность и гибкость процесса. Кроме того, устройство сохраняет стабильные характеристики при колебаниях питающего напряжения от минус 10 % до плюс 5 % от номинального значения, что делает его надежным и устойчивым к нестабильности сети. На рисунке 8.2 представлен внешний вид ПроМИГ-560.

Рисунок 8.2 – Сварочный полуавтомат ПроМИГ – 560

Газовая магистраль состоит из баллона с газом, подогревателя и осушителя, которые применяют при использовании сварочной смеси, а также из редуктора, расходомера, газоэлектрического клапана и шланга, соединяющие эти элементы со сварочной горелкой.

Стальные бесшовные баллоны для сжатых и сжиженных газов выпускаются по ГОСТ 949 – 73 [29] на рабочее давление 15 и 20 МПа. Наибольшее распространение имеют баллоны емкостью 40 л.

Защитные газы транспортируют и поставляют в баллонах типа А при максимальном давлении. Окраска баллонов и надписи на них приводятся в таблице 20.

Таблица 20 – Окраска газовых баллонов

Газ	Цвет баллона	Цвет надписи (название газа)
кислород	голубой	черный
ацетилен	белый	красный
водород	темно - зеленый	-
пропан или смесь пропана с бутаном	красный	белый
аргон технический	черный	синий
аргон чистый	серый	зеленый
гелий	коричневый	белый
углекислый газ, азот и все другие не горючие газы	черный	желтый

Газовая магистраль оснащена подогревателем. При выпуске жидкой углекислоты из баллона она испаряется, температура газа резко уменьшается. Что-

бы предупредить скопление влаги в каналах редуктора, между вентилем баллона и редуктором устанавливают электрический подогреватель.

В системе присутствует осушитель, который предназначен для удаления влаги из углекислого газа, а также расходомер, используемый для контроля расхода защитного газа. Важным элементом является редуктор, который снижает давление газа, поступающего из баллона или трубопроводной системы, и автоматически поддерживает заданное рабочее давление.

Для сварочных работ в аргоне применяются редукторы различных моделей, таких как АР – 10, АР – 40 и АР – 150. При сварке углекислым газом или его смесями целесообразно использовать редукторы обратного действия, которые также выполняют функции расходомеров, например, У – 30 и ДЗД – 1 – 59М. Кроме того, допускается использование стандартных кислородных редукторов, таких как РК – 53 и РКД – 8 – 61.

9 Расчет параметров режима сварки

В таблице 21 приведен перечень сварных швов, способы сварки и сварочные материалы.

Таблица 21 – Перечень сварных швов, способы сварки и сварочные материалы

№ свар ного шва	Соединяемые элементы	Способ сварки (прихватки)	Оборудование для сварки (прихватки)	Материалы для сварки (прихватки)	Сварочные флюсы и защитные газы
1	Крестовина с фланцем	АФ (РД)	А – 1416 (ВД – 506 Д)	Св-08Г2С ГОСТ 2246 – 70 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Флюс *АН – 348А*
2	Крестовина с днищем	АФ (РД)	А – 1416 (ВД – 506 Д)	Св-08Г2С ГОСТ 2246 – 70 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Флюс *АН – 348А*
3	Кольцо с опорой	МП (РД)	ПроМИГ–560 (ВД – 506 Д)	Св-08Г2С ГОСТ 2246 – 70 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Двуокись углерода ГОСТ 8050-85
4	Днище с цапфой	МП (РД)	ПроМИГ–560 (ВД – 506 Д)	Св-08Г2С ГОСТ 2246 – 70 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Двуокись углерода ГОСТ 8050-85
5	Опора с днищем	МП (РД)	ПроМИГ–560 (ВД – 506 Д)	Св-08Г2С ГОСТ 2246 – 70 (УОНИИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75)	Двуокись углерода ГОСТ 8050-85

Произведем расчет режимов сварки указанных в таблице сварных швов.

Расчет режимов сварки шва № 1

Исходные данные:

– основной металл – сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87 [24]; сталь 09Г2С по ГОСТ 19281-2014 [25];

– толщина металла – 50 мм;

– сварочный флюс – флюс *АН – 348А*

– сварочная проволока – Св-08Г2С по ГОСТ 2246 – 70 [26];

– способ сварки – автоматическая сварка под слоем флюса;

– тип соединения – стыковое;

– тип шва – стыковой;

– положение шва – нижнее;

– тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;

– формы и размеры подготовки кромок приведены на рисунке 9.1 и рисунке 9.2.

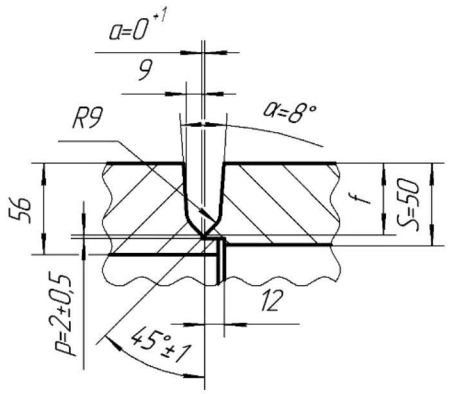


Рисунок 9.1 – Эскиз соединения

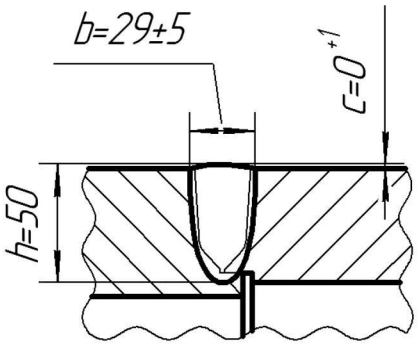


Рисунок 9.2 – Эскиз шва

Прихватки под автоматическую сварку согласно СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] разрешается выполнять ручной дуговой сваркой. Расстояние между прихватками от 100 до 150 мм. При кольцевом шве диаметром 1310 мм; назначаем количество прихваток от 10 до 12 штук. Длина каждой прихватки от 80 до 100 мм.

Диаметр электрода $d_{эл}$ для прихватки выбираем исходя из толщины металла в корневом участке разделки кромок, представленной на рисунке 6.1 и равной 12 мм. Выбираем электрод диаметром 5 мм.

Выбор типа и марки электрода для прихватки.

Исходя из механических свойств стали 20ГЛ по ГОСТ 21357 – 87 [24],

предел прочности $\sigma_в$ которой составляет от 50 до 550 МПа, может быть выбран тип электродов Э50А. Типу электродов Э50А относятся электроды марки УОНИ – 13/55.

Сила сварочного тока для прихватки определяется по формуле.

$$I_{св} = K \cdot d_{эл} \text{ мм}, \quad (26)$$

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

K – эмпирический коэффициент, равный от 35 до 60 для электрода диаметром 5 мм;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

$$I_{св} = 35 \dots 60 \cdot 5 = 175 \dots 300А.$$

Принимаем силу тока для прихваток $I_{св} = 240$ А.

1. Расчет режима сварки корневого шва.

Устанавливаем требуемую глубину провара притупления при сварке со стороны разделки, исходя из условия.

$$h_0 = S - f \text{ мм}, \quad (27)$$

где h_0 – глубина провара, мм;

S – толщина свариваемого металла, мм;

f – глубина разделки, мм.

Тогда

$$h_0 = 50 - 45 = 5мм.$$

Определяем величину сварочного тока по эмпирической формуле.

$$I_{св} = (80 \dots 100) \cdot h_0 \, A, \quad (28)$$

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

h_0 – глубина провара, мм.

$$I_{св} = (80 \dots 100) \cdot 5 = 400 \dots 500 \, A.$$

Для расчетов принимаем $I_{св}$ = 450 А.

Определяем диаметр электродной проволоки по формуле.

$$d_{эл} = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{I_{св}}{j}} \text{ мм}, \quad (29)$$

где $d_{эл}$ – диаметр электрода, мм;

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

j – допускаемая плотность тока, А/мм^2.

Допускаемая плотность тока при автоматической сварке зависит от диаметра электрода, и определяется по таблице 22.

Таблица 22 – Допустимая плотность тока для электродов

Диаметр электрода, мм	1	2	3	4	5
Допускаемая плотность тока, А/мм^2	90,0…400,0	65,0…200,0	45,0…90,0	35,0…60,0	30,0…50,0

$$d_{эл} = 1{,}13 \cdot \sqrt{\frac{450}{55}} = 3{,}23 \text{ мм}.$$

Принимаем $d_{эл}$ = 3,2 мм.

Определяем скорость сварки по формуле.

Для проволоки диаметром 3,2 мм

$$V_{св} = \frac{(12 \dots 16) \cdot 10^3}{I_{св}} \text{ м/ч}, \quad (30)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

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

$$V_{св} = \frac{(12 \dots 16) \cdot 10^3}{450} = 26 \dots 35 \text{ м/ч}.$$

Принимаем $V_{св}$ = 26 м/ч = 0,72 см/с.

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле.

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{эл}^{0,5}} \cdot I_{св} \pm 1 \text{ В}, \quad (31)$$

где $U_д$ – напряжение дуги, В;

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

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3{,}2^{0,5}} \cdot 450 \pm 1 = 31{,}5 \dots 33{,}5 \text{ В}.$$

Принимаем $U_д$ = 32 В.

Определяем коэффициент формы провара по формуле.

$$\psi_{\text{пр}} = K' \cdot (19 - 0{,}01 \cdot I_{\text{св}}) \cdot \frac{d_{\text{эл}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}, \quad (32)$$

где $\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара;

К′ – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности и определяется по таблице 12

$d_{\text{эл}}$ – диаметр электрода, мм;

$U_{\text{д}}$ – напряжение дуги, В;

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

Значение коэффициента К′ определяем исходя из условий:

– род тока постоянный;

– полярность тока обратная;

– плотность тока j <120 А/мм^2.

Таблица 23 – Значение коэффициента К′

Род тока	Полярность	Плотность тока j, А/мм^2	Величина коэффициента К′
Переменный	—	меньше 120,0	1,0
		больше или равна 120,0	
Постоянный	Обратная	меньше 120,0	$0{,}367 \cdot j^{0{,}1925}$
	Прямая		$2{,}820 \cdot j^{0{,}1925}$
	Обратная	больше или равна 120,0	0,920
	Прямая		1,120

Коэффициент плотности тока определяется по формуле

$$j = \frac{I_{\text{св}} \cdot 4}{\pi \cdot d_{\text{эл}}^2}\ А/\text{мм}^2, \quad (33)$$

где j – коэффициент плотности тока, А/мм^2.

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

$d_{\text{эл}}$ – диаметр электрода, мм.

$$j = \frac{450 \cdot 4}{3{,}14 \cdot 3{,}2^2} = 60\ А/\text{мм}^2,$$

Тогда

$$K' = 0{,}367 \cdot j^{0{,}1925} = 0{,}367 \cdot 60^{0{,}1925} = 0{,}807;$$

$$\psi_{\text{пр}} = 0{,}807 \cdot (19 - 0{,}01 \cdot 450) \cdot \frac{3{,}2 \cdot 32}{450} = 2{,}66.$$

Определяем величину погонной энергии

$$q_n = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{д \cdot \eta_д}}{V_{\text{св}}} \text{ Дж/см;} \quad (34)$$

где q_n – погонная энергия, Дж/см;

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

$U_{\text{д}}$ – напряжение дуги, В;

$\eta_{\text{д}}$ – эффективный КПД дуги;

$V_{\text{св}}$ – скорость сварки (перемещения дуги), см/с.

$$q_n = \frac{450 \cdot 32 \cdot 0{,}9}{0{,}72} = 18000 \text{ Дж/см.}$$

2. Определяем основные размеры шва для бесскосного стыкового соединения с нулевым зазором.

Фактическая глубина провара:

$$h_{\text{ф}} = 7{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{\text{пр}}}} \text{ см,} \quad (35)$$

где $h_ф$ – фактическая глубина провара, см;

q_n – погонная энергия, Дж/см;

$\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара.

$$h_{\text{ф}} = 7{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{18000}{2{,}66}} = 6{,}62 \text{ см,}$$

Ширина шва определяется по формуле.

$$b = \psi_{\text{пр}} \cdot h_{\text{ф}} \text{ мм,} \quad (36)$$

где b – ширина шва, мм;

$\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент формы провара;

$h_ф$ – фактическая глубина провара, см.

$$b = 2{,}66 \cdot 6{,}2 = 16{,}5 \text{ мм.}$$

Высота валика определяется по формуле.

$$\text{с} = \frac{F_{\text{н}}}{0{,}73 \cdot b} \text{ мм,} \quad (37)$$

где c – высота валика, мм;

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

0,73 – коэффициент полноты валика ($\mu_в$) при автоматической и полуавтоматической сварке;

b – ширина шва, мм.

$$F_н = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot \gamma \cdot V_{св}} \text{ мм}^2, \quad (38)$$

где $F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, мм^2;

$\alpha_н$ – коэффициент наплавки;

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

γ – плотность стали, г/см^3;

$V_{св}$ – скорость сварки, см/с.

Коэффициент наплавки, определяется по формуле.

$$\alpha_н = \alpha_р \cdot \frac{\left(1 - \frac{\psi}{100}\right) \text{г}}{\text{А}} \cdot \text{с}, \quad (39)$$

где $\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А·с;

$\alpha_р$ – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

ψ – потери электродного металла, %. Принимаем ψ = 10%;

Коэффициент расплавления электродной проволоки определяем по формуле.

$$\alpha_р = \left(8{,}3 + 0{,}22 \cdot \frac{I_{св}}{d_{эл}}\right) \cdot 10^{-4} \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot \text{с}, \quad (40)$$

где $\alpha_р$ – коэффициент расплавления электродной проволоки, г/А·с;

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

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Определяем коэффициент расплавления электродной проволоки

$$\alpha_р = \left(8{,}3 + 0{,}22 \cdot \frac{450}{3{,}2}\right) \cdot 10^{-4} = 0{,}00392 \text{ г/А} \cdot \text{с},$$

Тогда

$$\alpha_н = 0{,}00392 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 35{,}2 \cdot 10^{-4}\ г/А \cdot с \text{ или } 12{,}7\ г/А\ ч.$$

Тогда

$$с = \frac{12{,}7 \cdot 450}{3600 \cdot 7{,}8 \cdot 7{,}2 \cdot 0{,}73 \cdot 16{,}5} = 0{,}234\ см.$$

Принимаем для расчетов с = 2,3 мм.

Определяем высоту шва по формуле.

$$H = h_ф + с\ мм, \quad (41)$$

где H– высота шва, мм;

$h_ф$ – фактическая глубина провара, мм;

c – высота валика, мм.

Тогда

$$H = 6{,}2 + 2{,}3 = 8{,}5\ мм.$$

Определяем высоту заполнения разделки с учетом зазора в стыке.

$$f\sqrt{\frac{F_н - H \cdot a}{tg\frac{a}{2}}}\ мм, \quad (42)$$

где f – высота заполнения разделки, мм;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход при установленной скорости перемещения дуги, мм^2;

H – высота шва, мм;

a – зазор в стыке, мм;

α – угол разделки кромок, ^{0}.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход при установленной скорости перемещения дуги определяем по формуле:

$$F_н = \frac{12{,}7 \cdot 450}{3600 \cdot 7{,}8 \cdot 7{,}2} = 0{,}28см^2 = 28\ мм^2.$$

Тогда

$$f\sqrt{\frac{28 - 8{,}5 \cdot 1}{tg45°}} = 4{,}4\ мм.$$

Определяем глубину провара притупления по формуле.

$$h_0 = H - f \text{ мм}, \quad (43)$$

где h_0 – высота заполнения разделки, мм;

H – высота шва, мм;

f – высота заполнения разделки, мм.

Тогда

$$h_0 = 8{,}5 - 4{,}4 = 4{,}4 \text{ мм}.$$

Определяем скорость подачи проволоки по формуле.

$$V_{п.пр.} = \frac{4 \cdot \alpha_н \cdot I_{св}}{\pi \cdot d_{эл}^2 \cdot \gamma} \frac{м}{ч}, \quad (44)$$

где $V_{п.пр.}$ – скорость подачи проволоки, м/ч;

$\alpha_н$ – коэффициент наплавки, г/А·с;

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

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм;

γ – плотность стали, г/см^3.

Тогда

$$V_{п.пр.} = \frac{4 \cdot 12{,}7 \cdot 450}{3{,}14 \cdot 3{,}2^2 \cdot 7{,}8} = 91{,}1 \text{ м/ч}.$$

Принимаем $V_{п.пр.}$ = 91 м/ч.

3. Расчет режима сварки последующих проходов.

Для заполняющих проходов площадь наплавленного металла за данный проход можно принять

$F_{н.з.} \leq 80 \ldots 100$ мм^2.

Для расчета принимаем $F_{н.з.}$= 80 мм^2.

$d_{эл}$ = 3,2 мм.

Тогда сила сварочного тока

$$I_{св} = j \cdot (\frac{d_{эл}}{1{,}13})^2 A,$$

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

j – плотность тока, А/мм^2;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Тогда

$$I_{св} = (45 \dots 90) \cdot (\frac{3,2}{1,13})^2 = 360 \dots 721\ A$$

Принимаем $I_{св}$ = 510 А.

Определяем скорость сварки последующих проходов.

$$V_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{F_н \cdot \gamma \cdot 100}\ м/ч, \quad (45)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

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

$\alpha_н$ – коэффициент наплавки г/А·с;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, мм$^{2;}$

γ – плотность стали, г/см^3.

Определяем коэффициент наплавки по формуле для $d_{эл}$ = 3,2 мм он равен

$\alpha_н = \left(8.3 + 0,22 \cdot \frac{510}{3,2}\right) \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 39,02 \cdot 10^{-4}$ г/А·с или 14,04 г/А·ч

Тогда

$$V_{св} = \frac{14,04 \cdot 510}{0,8 \cdot 7,8 \cdot 100} = 11,5\ м/ч.$$

$V_{св}$ = 3,2 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 $F_{н.з.}$ = 45 мм^2.

Тогда

$$V_{св} = \frac{14,04 \cdot 510}{0,45 \cdot 7,8 \cdot 100} = 20,4\ м/ч.$$

Принимаем $V_{св}$ = 20,0 м/ч или $V_{св}$ = 5,6 мм/с, что соответствует требованиям для флюса *АН – 348А*.

Определяем скорость подачи проволоки по формуле:

$$V_{п.пр.} = \frac{4 \cdot 14,04 \cdot 510}{3,14 \cdot 32^2 \cdot 7,8} = 114,2\ м/ч.$$

Принимаем $V_{n.пр.} = 114$ м/ч.

Определяем оптимальное напряжение дуги по формуле:

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{3{,}2^{0{,}5}} \cdot 510 \pm 1 = 35{,}2\ B,$$

Принимаем $U_д = 35$ В.

Определяем количество проходов разделки из условия ее заполнения как показано на рисунках 6.1 и 6.2:

$$n_p = \frac{F_{н.м} - F_1}{F_{н.з}} + 1, \qquad (46)$$

где $n_р$ – количество проходов разделки;

$F_{н.м.}$ – площадь наплавленного металла, мм^2;

F_1 – площадь сечения корневого прохода, мм^2;

$F_{н.з.}$ – площадь наплавленного металла за данный проход, мм^2.

Площадь наплавленного металла определяется в данном случае суммой двух площадей фигур имеющих грани под углом 45 ^{0} и 8 ^{0}, плюс площадь зазора и валика.

$$F_{н.м.} = (18 + \alpha) \cdot 35 + 35^2 \cdot tg\frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot tg45° + 11 + 0{,}73 \cdot b \cdot c \text{ мм}^2, \qquad (47)$$

где $F_{н.м.}$– площадь наплавленного металла, мм^2;

a – зазор в стыке, мм;

α– угол разделки кромок, ^{0};

0,73 – коэффициент полноты валика при автоматической и полуавтоматической сварке;

b – ширина шва, мм;

c – высота валика, мм.

Ширину шва определяем по формуле.

$$\text{b} = 18 + 2 \cdot 35 \cdot tg\frac{\alpha}{2} + \alpha + (4 \ldots 6) \text{ мм}, \qquad (48)$$

где b – ширина шва, мм;

α – угол разделки кромок, ^{0}.

Тогда,

$$b = 18 + 2 \cdot 35 \cdot tg4° + 1 + 5 = 29 \text{ мм}.$$

Высоту валика определяем по формуле.

$$c = \frac{b}{7 \ldots 10} \text{ мм}, \quad (49)$$

где c – высота валика, мм;

b – ширина шва, мм.

Тогда,

$$c = \frac{29}{10} = 2{,}9 \text{ мм}.$$

Ширина шва и высота валика соответствуют требованиям СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] для соединения С26.

Тогда,

$$F_{\text{н.м.}} = (18 + 1) \cdot 35 + 35^2 \cdot tg\frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot tg45° + 11 + 0{,}73 \cdot 29 \cdot 2{,}9 = 904{,}05 \text{ мм}^2.$$

Определяем количество проходов разделки по формуле:

$$n_p = \frac{904 - 28}{45} + 1 = 20{,}4.$$

Принимаем $n = 21$.

Всего количество проходов с учетом корневого шва по формуле

$$\sum n = n + n_{\text{корн}}, \quad (50)$$

где $\sum n$– общее количество проходов;

n – принятое количество проходов разделки;

$n_{корн}$ – корневой проход.

Тогда,

$$\sum n = n + n_{\text{корн}} = 21 + 1 = 22$$

Определенные расчетом параметры режима сварки ($I_{\text{св}}$, $d_{\text{эл}}$, $U_{\text{д}}$, $V_{\text{п.пр.}}$, $V_{\text{св}}$,) обеспечивают получение размеров швов в соответствии с требованиями СТ ЦКБА 025 – 2006 [20], соответствуют технической характеристике выбранного сварочного оборудования и материалов.

Расчет режимов сварки шва № 2. Сварной шов № 2 имеет форму разделки

кромок аналогичную сварному шву № 1 за исключением параметра f = 32 мм. Следовательно, сварка ведется на тех же режимах что и шов № 1, за исключением числа проходов, расчет количества которых произведен ниже.

$$F_{\text{н.м.}} = (18 + \alpha) \cdot 29 + 29^2 \cdot tg\frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot tg45° + 11 + 0{,}73 \cdot b \cdot c \text{ мм}^2, \quad (51)$$

где $F_{\text{н.м.}}$ – площадь наплавленного металла, мм^2;

a – зазор в стыке, мм;

α – угол разделки кромок, ^{0};

0,73 – коэффициент полноты валика при автоматической и полуавтоматической сварке;

b – ширина шва, мм;

c –высота валика, мм.

Ширину шва определяем по формуле:

$$b = 18 + 2 \cdot 29 \cdot tg\frac{\alpha}{2} + \alpha + (4 \dots 6) \text{ мм}, \quad (52)$$

где b – ширина шва, мм;

α – угол разделки кромок, ^{0}.

Тогда,

$$b = 18 + 2 \cdot 29 \cdot tg4° + 1 + 5 = 28 \text{ мм}.$$

Высоту валика определяем по формуле:

$$c = \frac{28}{10} = 2{,}8 \text{ мм}.$$

Ширина шва и высота валика соответствуют требованиям СТ ЦКБА 025 – 2006 [20] для соединения С26.

Тогда,

$$F_{\text{н.м.}} = (19 + \alpha) \cdot 29 + 29^2 \cdot tg\frac{\alpha}{2} + 9^2 \cdot tg45° + 11 + 0{,}73 \cdot 28 \cdot 2{,}8 = 759{,}03 \text{ мм}^2.$$

$$n_p = \frac{759 - 28}{45} + 1 = 17{,}2.$$

Принимаем n = 18.

Всего количество проходов с учетом корневого шва определяем по формуле

$$\sum n = 18 + 1 = 19.$$

Расчет режимов сварки шва № 3

Исходные данные:

– основной металл – сталь 09Г2С по ГОСТ 19281 – 2014 [25] – толщина металла – S=30 мм; S_1=36 мм;

– катет шва – $K = K_1 = 20\pm5$ мм;

– защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050 – 85 [27];

– сварочная проволока –Св-08Г2С по ГОСТ 2246 – 70 [26];

– способ сварки – механизированная, плавящимся электродом в среде активного газа и смесях;

– тип соединения –тавровое;

– тип шва –угловой;

– положение шва – нижнее;

– тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;

–формы и размеры подготовки кромок приведены на рисунке 9.3 и рисунке 9.4.

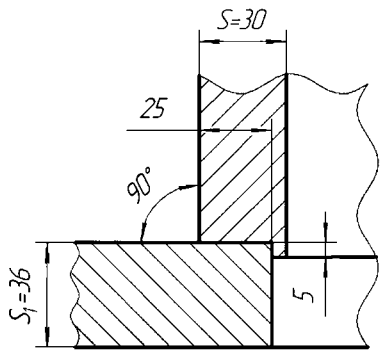


Рисунок 9.3 – Эскиз соединения

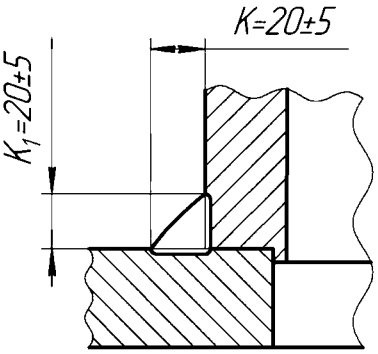


Рисунок 9.4 – Эскиз шва

1. Выбор диаметра электродной проволоки.

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволокой в среде углекислого газа, применяем проволоку диаметром 1,6 мм.

2. Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра электрода по таблице 24.

Таблица 24 – Допускаемая величина сварочного тока при сварке в среде углекислого газа в зависимости от диаметра проволоки

$d_{эл}$, 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…15	5…15	6…18	8…18	15…25	15…25	20…40

Для $d_{эл}$ = 1,6 мм оптимальное значение $I_{св}$ = 150…400 A для расчета принимаем $I_{св}$ = 300 A.

3. Расчет скорости сварки.

Учитывая то, что при полуавтоматической сварке в среде углекислого газа, также, как и при ручной сварке, за один проход могут выполняться угловые швы катетом не более 8 мм, скорость сварки определяем по формуле для многопроходного шва:

– для проволоки диаметром 1,6 мм

$$V_{св} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{I_{св}} \text{ м/ч}, \quad (53)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

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

Тогда,

$$V_{св} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{300} = 16{,}6 \dots 26{,}6 \text{ м/ч}.$$

Принимаем $V_{св} = 18$ м/ч = 0,5 см/с.

3.1 Определяем площадь наплавки по заданному катету шва

$$F_н = \frac{K^2}{2} \cdot K_y \text{ мм}, \quad (54)$$

где $F_н$ – площадь наплавки по заданному катету шва, мм^2;

$K_у$ – коэффициент усиления, для K = 8 мм, $K_у$ = 1,25.

Тогда

$$F_н = \frac{8^2}{2} \cdot 1{,}25 = 40 \text{ мм}^2 = 0{,}4 \text{ см}^2.$$

3.2 Коэффициент расплавления электродной проволоки определяем по

формуле.

$$\alpha_p = \left(8{,}3 + 0{,}22 \cdot \frac{300}{1{,}6}\right) \cdot 10^{-4} = 49{,}55 \cdot 10^{-4} \text{ г/}A \text{ час.}$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле.

$$\alpha_н = 49{,}55 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 16{,}05 \text{ г/А·час.}$$

Для расчета принимаем $\alpha_н$ = 16 г/А час.

4.Определяем напряжение дуги по формуле.

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1{,}6}} \cdot 300 \pm 1 = 31 \ldots 33$$

Для расчетов принимаем $U_д$ = 32 В.

5. Определяем коэффициент формы провара по формуле.

$$\psi_{пр} = 0{,}92 \cdot (19 - 0{,}01 \cdot 300) \cdot \frac{1{,}6 \cdot 32}{300} = 2{,}5$$

6. Определяем величину погонной энергии по формуле.

$$q_п = \frac{I_{св} \cdot U_д \cdot 0{,}8}{0{,}5} = 15360 \text{ Дж/см.}$$

7. Расчет размеров швов.

Определяем фактическую глубину провара для стыкового бесскосного соединения по формуле

$$h_\varphi = 8{,}06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_п}{\psi_{пр}}} \text{ см,} \qquad (55)$$

где $h_ф$ – фактическая глубина провара, см;

$q_п$ – погонная энергия, Дж/см;

$\psi_{пр}$ – коэффициент формы провара.

Тогда,

$$h = 8{,}06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_п}{\psi_{пр}} = 8{,}06 \cdot 10^{-3}} \cdot \sqrt{\frac{15360}{2{,}5}} = 0{,}63 \text{ см.}$$

Определяем ширину шва для стыкового бесскосного соединения по формуле.

$$b = 2{,}5 \cdot 6{,}3 = 15{,}7 \text{ мм.}$$

Определяем высоту шва для стыкового бесскосного соединения по формуле.

$$c = \frac{40}{0{,}73 \cdot 15{,}7} = 3{,}4 \text{ мм.}$$

Определяем общую высоту шва по формуле.

$$H = h + c \text{ мм,} \quad (56)$$

$$H = 6{,}3 + 3{,}4 = 9{,}7 \text{ мм.}$$

Определяем глубину проплавления полки как показано на рисунке 6.5 при сварке углового шва по формуле.

$$h_0 = H - g \text{ см,} \quad (57)$$

где h_0 – глубина проплавления полки, мм;

H – высота шва, мм;

g – высота заполнения, мм.

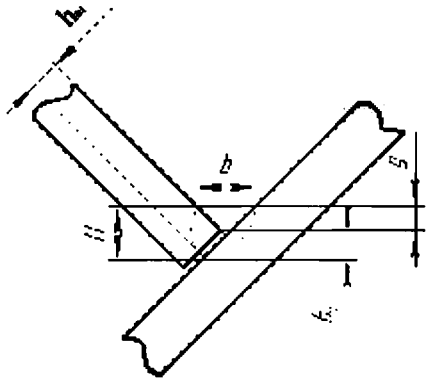


Рисунок 9.5 – Эскиз соединения: K – катет шва, b – ширина шва, H – высота шва, g – высота заполнения разделки.

Определяем высоту заполнения по формуле.

$$g = \sqrt{F_н} \text{ мм,} \quad (58)$$

где g – высота заполнения, мм;

$F_н$ – площадь заполнения шва, мм^2.

$$g = \sqrt{40} = 6{,}3 \text{ мм.}$$

Тогда,

$$h_0 = 9{,}7 - 6{,}3 = 3{,}4 \text{ мм.}$$

Определяем глубину проплавления стенки по формуле.

$$h_{01} = (0{,}8 \dots 1{,}0) \cdot h_0 \text{ мм}, \quad (59)$$

где h_{01} – глубина проплавления стенки, мм;

h_0 – глубина проплавления полки, мм.

$$h_{01} = (0{,}8 \dots 1{,}0) \cdot 3{,}4 = 2{,}72 \dots 3{,}4 \text{ мм}.$$

8. Определяем скорость подачи проволоки по формуле

$$V_{nn} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 300}{3{,}14 \cdot 1{,}6^2 \cdot 7{,}8} = 306 \text{ м/ч}.$$

Определяем фактический коэффициент формы провара углового шва по формуле.

$$\psi_{np} = \frac{b}{H} \leq 2{,}0, \quad (60)$$

где $\psi_{пр}$ – коэффициент формы провара;

b – ширина шва, мм;

H – высота шва, мм.

Ширину шва определяем по формуле.

$$b = \sqrt{2K^2}, \quad (61)$$

где b – ширина шва, мм;

K – катет шва, мм.

Тогда,

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

$$\psi_{np} = \frac{11{,}3}{9{,}7} = 1{,}16 \text{ мм}$$

$$1{,}16 \leq 2{,}0 \text{ мм}$$

Фактический коэффициент формы провара соответствует условию удовлетворительного формирования шва без подреза зоны сплавления, режим сварки выбран правильно.

Определяем расстояние от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендациям таблицы 13 для $d_{эл}$ = 1,6 мм оно составляет от 15 до 25 мм.

Вылет электрода определяем по формуле.

$$l_э = 10 \cdot d_{эл}, \quad (62)$$

где $l_э$ – вылет электрода, мм;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Тогда,

$$l_э = 10 \cdot 1{,}6 = 16{,}0 \text{ мм}.$$

9. Определяем количество проходов по формуле.

$$n = \frac{F_{н.,м}}{F_н}, \quad (63)$$

где n – количество проходов;

$F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм^2;

$F_н$ – площадь заполнения шва, мм^2.

Общая площадь наплавленного металла определяется по формуле.

$$F_{н.,м} = \frac{K \cdot K_1}{2} \cdot K_y \text{ мм}^2, \quad (64)$$

где $F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм^2;

K, K_1 – катет шва, мм;

$K_у$ – коэффициент усиления, $K_у$ = 1,25.

Тогда,

$$F_{н.м.} = \frac{20 \cdot 20}{2} \cdot 1{,}25 = 250 \text{ мм}^2.$$

$$n = \frac{250}{40} = 6{,}25$$

Примем количество проходов n=6.

Расчет режимов сварки шва № 4

Исходные данные:

– основной металл – сталь 09Г2С ГОСТ 19281 – 2014 [25];

– толщина металла – S=50 мм;

– катет шва – $K = K_1$ = 20+3 мм;

– способ сварки – механизированная, плавящимся электродом в среде активного газа и смесях;

– тип соединения – тавровое;

– тип шва – угловой;

– положение шва – нижнее;

– тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;

– формы и размеры подготовки кромок приведены на рисунке 9.6 и рисунке 9.7.

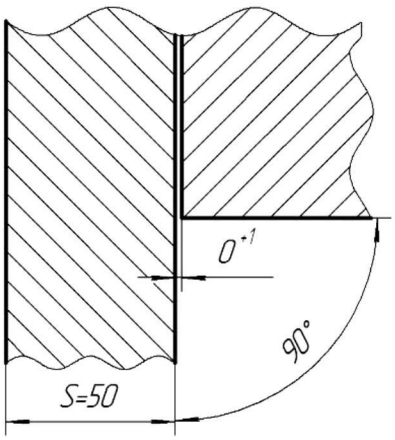


Рисунок 9.6 – Эскиз соединения

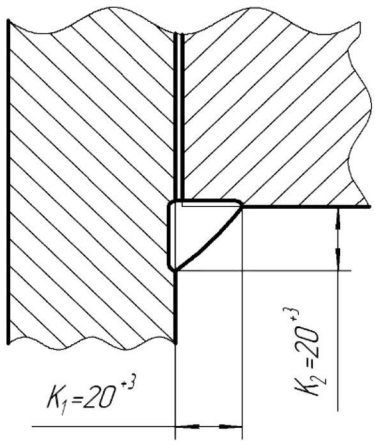


Рисунок 9.7 – Эскиз шва

1. Выбор диаметра электродной проволоки.

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволокой в среде углекислого газа, применяем проволоку диаметром 1,6 мм.

2. Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра электрода по таблице 25.

Таблица 25 – Допускаемая величина сварочного тока при сварке в среде углекислого газа в зависимости от диаметра проволоки

$d_{эл}$, 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…15	5…15	6…18	8…18	15…25	15…25	20…40

Для $d_{эл}$ = 1,6 мм оптимальное значение $I_{св}$ = 150…400 A для расчета принимаем $I_{св}$ = 300 A.

3. Расчет скорости сварки.

Учитывая то, что при полуавтоматической сварке в среде углекислого га-

за, также, как и при ручной сварке, за один проход могут выполняться угловые швы катетом не более 8 мм, скорость сварки определяем по формуле для многопроходного шва:

– для проволоки диаметром 1,6 мм

$$V_{св} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{I_{св}} \text{ м/ч}, \quad (65)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

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

Тогда,

$$V_{св} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{300} = 16{,}6 \dots 26{,}6 \text{ м/ч}.$$

Принимаем $V_{св} = 18$ м/ч = 0,5 см/с.

3.1 Определяем площадь наплавки по заданному катету шва

$$F_н = \frac{K^2}{2} \cdot K_y \text{ мм}, \quad (66)$$

где $F_н$ – площадь наплавки по заданному катету шва, мм^2;

$K_у$ – коэффициент усиления, для K = 8 мм, $K_у$ = 1,25.

Тогда

$$F_н = \frac{8^2}{2} \cdot 1{,}25 = 40 \text{ мм}^2 = 0{,}4 \text{ см}^2.$$

3.2 Коэффициент расплавления электродной проволоки определяем по формуле.

$$\alpha_p = \left(8{,}3 + 0{,}22 \cdot \frac{300}{1{,}6}\right) \cdot 10^{-4} = 49{,}55 \cdot 10^{-4} \text{ г}/A \text{ час}.$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле.

$$\alpha_н = 49{,}55 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 16{,}05 \text{ г}/A \text{ час}.$$

Для расчета принимаем $\alpha_н$ = 16 г/А час.

4.Определяем напряжение дуги по формуле.

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1{,}6}} \cdot 300 \pm 1 = 31 \dots 33$$

Для расчетов принимаем $U_д$ = 32 В.

5. Определяем коэффициент формы провара по формуле.

$$\psi_{np} = 0{,}92 \cdot (19 - 0{,}01 \cdot 300) \cdot \frac{1{,}6 \cdot 32}{300} = 2{,}5$$

6. Определяем величину погонной энергии по формуле.

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_д \cdot 0{,}8}{0{,}5} = 15360 \text{ Дж/см.}$$

7. Расчет размеров швов.

Определяем фактическую глубину провара для стыкового бесскосного соединения по формуле

$$h_\varphi = 8{,}06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} \text{ см.} \quad (67)$$

где $h_ф$ – фактическая глубина провара, см;

q_n – погонная энергия, Дж/см;

$\psi_{пр}$ – коэффициент формы провара.

Тогда,

$$h = 8{,}06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}} = 8{,}06 \cdot 10^{-3}} \cdot \sqrt{\frac{15360}{2{,}5}} = 0{,}63 \text{ см.}$$

Определяем ширину шва для стыкового бесскосного соединения по формуле.

$$b = 2{,}5 \cdot 6{,}3 = 15{,}7 \text{ мм.}$$

Определяем высоту шва для стыкового бесскосного соединения по формуле.

$$c = \frac{40}{0{,}73 \cdot 15{,}7} = 3{,}4 \text{ мм.}$$

Определяем общую высоту шва по формуле.

$$H = h + c \text{ мм,} \quad (68)$$

$$H = 6{,}3 + 3{,}4 = 9{,}7 \text{ мм.}$$

Определяем глубину проплавления полки как показано на рисунке 6.8 при сварке углового шва по формуле.

$$h_0 = H - g \text{ см}, \quad (69)$$

где h_0 – глубина проплавления полки, мм;

H – высота шва, мм;

g – высота заполнения, мм.

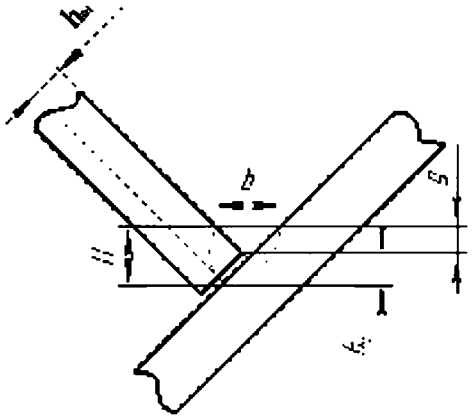


Рисунок 9.8 – Эскиз соединения: K – катет шва, b – ширина шва, H – высота шва, g – высота заполнения разделки.

Определяем высоту заполнения по формуле.

$$g = \sqrt{F_н} \text{ мм}, \quad (70)$$

где g – высота заполнения, мм;

$F_н$ – площадь заполнения шва, мм^2.

$$g = \sqrt{40} = 6{,}3 \text{ мм}.$$

Тогда,

$$h_0 = 9{,}7 - 6{,}3 = 3{,}4 \text{ мм}.$$

Определяем глубину проплавления стенки по формуле.

$$h_{01} = (0{,}8 \ldots 1{,}0) \cdot h_0 \text{ мм}, \quad (71)$$

где h_{01} – глубина проплавления стенки, мм;

h_0 – глубина проплавления полки, мм.

$$h_{01} = (0{,}8 \ldots 1{,}0) \cdot 3{,}4 = 2{,}72 \ldots 3{,}4 \text{ мм}.$$

8. Определяем скорость подачи проволоки по формуле

$$V_{пп} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 300}{3{,}14 \cdot 1{,}6^2 \cdot 7{,}8} = 306 \text{ м/ч}.$$

Определяем фактический коэффициент формы провара углового шва по формуле.

$$\psi_{пр} = \frac{b}{H} \leq 2{,}0, \quad (72)$$

где $\psi_{пр}$ – коэффициент формы провара;

b – ширина шва, мм;

H– высота шва, мм.

Ширину шва определяем по формуле.

$$b = \sqrt{2K^2}, \quad (73)$$

где b– ширина шва, мм;

K – катет шва, мм.

Тогда,

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

$$\psi_{пр} = \frac{11{,}3}{9{,}7} = 1{,}16 \text{ мм}$$

$$1{,}16 \leq 2{,}0 \text{ мм}$$

Фактический коэффициент формы провара соответствует условию удовлетворительного формирования шва без подреза зоны сплавления, режим сварки выбран правильно.

Определяем расстояние от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендациям таблицы 14 для $d_{эл}$ = 1,6 мм оно составляет от 15 до 25 мм.

Вылет электрода определяем по формуле.

$$l_э = 10 \cdot d_{эл}, \quad (74)$$

где $l_э$ – вылет электрода, мм;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Тогда,

$$l_э = 10 \cdot 1{,}6 = 16{,}0 \text{ мм.}$$

9. Определяем количество проходов по формуле.

$$n = \frac{F_{н.,м}}{F_н}, \quad (75)$$

где n – количество проходов;

$F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм^2;

$F_н$ – площадь заполнения шва, мм^2.

Общая площадь наплавленного металла определяется по формуле.

$$F_{\text{н.,м}} = \frac{K \cdot K_1}{2} \cdot K_y \text{ мм}^2, \quad (76)$$

где $F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм^2;

K, K_1 – катет шва, мм;

$K_у$ – коэффициент усиления, $K_у$ = 1,25.

Тогда,

$$F_{\text{н.м.}} = \frac{20 \cdot 20}{2} \cdot 1{,}25 = 250 \text{ мм}^2.$$

$$n = \frac{250}{40} = 6{,}25$$

Примем количество проходов n=6.

Расчет режимов сварки шва № 5

Сварной шов № 5 имеет форму разделки кромок аналогичную сварному шву № 3. Следовательно, сварка ведется на тех же режимах что и шов № 3.

Исходные данные:

– основной металл – сталь 09Г2С по ГОСТ 19281 – 2014 [25] – толщина металла – S=30 мм; S_1=36 мм;

– катет шва – $K = K_1$ = 20±5 мм;

– защитный газ – двуокись углерода по ГОСТ 8050 – 85 [27];

– сварочная проволока – Св – 08Г2С по ГОСТ 2246 – 70 [26];

– способ сварки – механизированная, плавящимся электродом в среде активного газа и смесях;

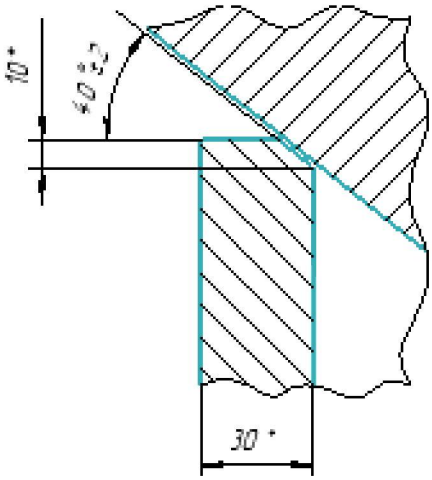
– тип соединения – тавровое;

– тип шва – угловой;

– положение шва – нижнее;

– тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;

–формы и размеры подготовки кромок приведены на рисунке 9.9 и рисунке 9.10.



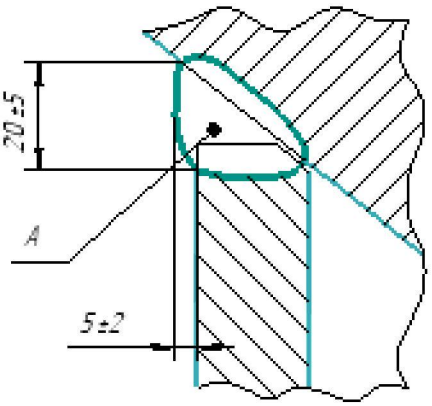


Рисунок 9.9 – Эскиз соединения Рисунок 9.10 – Эскиз шва

1. Выбор диаметра электродной проволоки.

Учитывая величину катета шва и техническую характеристику полуавтомата для сварки сплошной проволокой в среде углекислого газа, применяем проволоку диаметром 1,6 мм.

2. Выбираем величину сварочного тока в зависимости от диаметра электрода по таблице 26.

Таблица 26 – Допускаемая величина сварочного тока при сварке в среде углекислого газа в зависимости от диаметра проволоки

$d_{эл}$, 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
Расстояниеот изделия, мм	5…15	5…15	6…18	8…18	15…25	15…25	20…40

Для $d_{эл}$ = 1,6 мм оптимальное значение $I_{св}$ = 150…400 А для расчета принимаем $I_{св}$ = 300 А.

3. Расчет скорости сварки.

Учитывая то, что при полуавтоматической сварке в среде углекислого газа, также, как и при ручной сварке, за один проход могут выполняться угловые швы катетом не более 8 мм, скорость сварки определяем по формуле для многопроходного шва:

– для проволоки диаметром 1,6 мм

$$V_{св} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{I_{св}} \text{ мч}, \qquad (77)$$

где $V_{св}$ – скорость сварки, м/ч;

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

Тогда,

$$V_{св} = \frac{(5 \dots 8) \cdot 10^3}{300} = 16{,}6 \dots 26{,}6 \text{ м/ч.}$$

Принимаем $V_{св} = 18$ м/ч = 0,5 см/с.

3.1 Определяем площадь наплавки по заданному катету шва

$$F_н = \frac{K^2}{2} \cdot K_y \text{ мм,} \qquad (78)$$

где $F_н$ – площадь наплавки по заданному катету шва, мм^2;

$K_у$ – коэффициент усиления, для K = 8 мм, $K_у$ = 1,25.

Тогда

$$F_н = \frac{8^2}{2} \cdot 1{,}25 = 40 \text{ мм}^2 = 0{,}4 \text{ см}^2.$$

3.2 Коэффициент расплавления электродной проволоки определяем по формуле.

$$\alpha_p = \left(8{,}3 + 0{,}22 \cdot \frac{300}{1{,}6}\right) \cdot 10^{-4} = 49{,}55 \cdot 10^{-4} \text{ г/}A\text{ час.}$$

Коэффициент наплавки определяем по формуле.

$$\alpha_н = 49{,}55 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 16{,}05 \text{ г/А час.}$$

$$\alpha_н = 49{,}55 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 16{,}05 \text{ г/}A\text{ час.}$$

Для расчета принимаем $\alpha_н$ = 16 г/А час.

4.Определяем напряжение дуги по формуле.

$$U_д = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{1{,}6}} \cdot 300 \pm 1 = 31 \dots 33$$

Для расчетов принимаем $U_д$ = 32 В.

5. Определяем коэффициент формы провара по формуле.

$$\psi_{пр} = 0{,}92 \cdot (19 - 0{,}01 \cdot 300) \cdot \frac{1{,}6 \cdot 32}{300} = 2{,}5$$

6. Определяем величину погонной энергии по формуле.

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U_{д \cdot \eta}}{V_{св}} = \frac{300 \cdot 32 \cdot 0{,}8}{0{,}5} = 15360 \text{ Дж/см}.$$

7. Расчет размеров швов.

Определяем фактическую глубину провара для стыкового бесскосного соединения по формуле

$$h_ф = 8{,}06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{пр}}} \text{ см}, \quad (79)$$

где $h_ф$ – фактическая глубина провара, см;

q_n – погонная энергия, Дж/см;

$\psi_{пр}$ – коэффициент формы провара.

Тогда,

$$h = 8{,}06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{15360}{2{,}5}} = 0{,}63 \text{ см}.$$

Определяем ширину шва для стыкового бесскосного соединения по формуле.

$$b = 2{,}5 \cdot 6{,}3 = 15{,}7 \text{ мм}.$$

Определяем высоту шва для стыкового бесскосного соединения по формуле.

$$c = \frac{40}{0{,}73 \cdot 15{,}7} = 3{,}4 \text{ мм}.$$

Определяем общую высоту шва по формуле.

$$H = h + c \text{ мм}, \quad (80)$$

$$\text{H} = 6{,}3 + 3{,}4 = 9{,}7 \text{ мм}.$$

Определяем глубину проплавления полки при сварке углового шва по формуле указанной на рисунке 6.11.

$$h_0 = H - g \text{ см}, \quad (81)$$

где h_0 – глубина проплавления полки, мм;

H – высота шва, мм;

g – высота заполнения,мм.

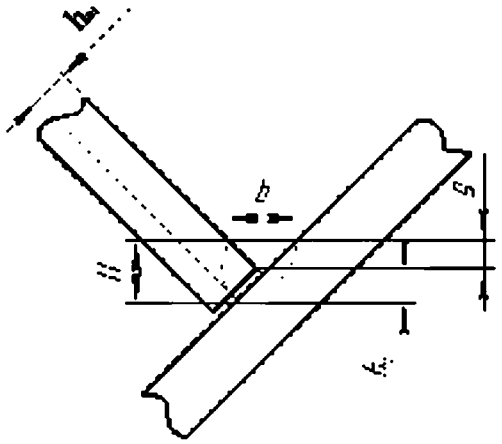


Рисунок 9.11 – Эскиз соединения: K – катет шва, b – ширина шва, H – высота шва, g – высота заполнения разделки.

Определяем высоту заполнения по формуле.

$$g = \sqrt{F_н} \text{ мм}, \quad (82)$$

где g – высота заполнения, мм;

$F_н$ – площадь заполнения шва, мм^2.

$$g = \sqrt{40} = 6{,}3 \text{ мм}.$$

Тогда,

$$h_0 = 9{,}7 - 6{,}3 = 3{,}4 \text{ мм}.$$

Определяем глубину проплавления стенки по формуле.

$$h_{01} = (0{,}8 \dots 1{,}0) \cdot h_0 \text{ мм}, \quad (83)$$

где h_{01} – глубина проплавления стенки, мм;

h_0 – глубина проплавления полки, мм.

$$h_{01} = (0{,}8 \dots 1{,}0) \cdot 3{,}4 = 2{,}72 \dots 3{,}4 \text{ мм}.$$

8. Определяем скорость подачи проволоки по формуле

$$V_{n.n} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 300}{3{,}14 \cdot 1{,}6^2 \cdot 7{,}8} = 306 \text{ м/ч}.$$

Определяем фактический коэффициент формы провара углового шва по формуле.

$$\psi_{пр} = \frac{b}{H} \leq 2{,}0, \quad (84)$$

где $\psi_{пр}$ – коэффициент формы провара;

b – ширина шва, мм;

H– высота шва, мм.

Ширину шва определяем по формуле.

$$b = \sqrt{2K^2}, \quad (85)$$

где b– ширина шва, мм;

K – катет шва, мм.

Тогда,

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

$$\psi_{пр} = \frac{11{,}3}{9{,}7} = 1{,}16 \text{ мм},$$

$$1{,}16 \leq 2{,}0 \text{ мм}.$$

Фактический коэффициент формы провара соответствует условию удовлетворительного формирования шва без подреза зоны сплавления, режим сварки выбран правильно.

Определяем расстояние от сопла горелки до изделия.

Согласно рекомендациям таблицы 15 для $d_{эл}$ = 1,6 мм оно составляет от 15 до 25 мм.

Вылет электрода определяем по формуле.

$$l_э = 10 \cdot d_{эл},$$

где $l_э$ – вылет электрода, мм;

$d_{эл}$ – диаметр электрода, мм.

Тогда,

$$l_э = 10 \cdot 1{,}6 = 16{,}0 \text{ мм}.$$

9. Определяем количество проходов по формуле.

$$n = \frac{F_{н.м}}{F_н}, \quad (86)$$

где n – количество проходов;

$F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм^2;

$F_н$ – площадь заполнения шва, мм^2.

Общая площадь наплавленного металла определяется по формуле.

$$F_{\text{н.м}} = \frac{K \cdot K_1}{2} \cdot K_y \text{ мм}^2, \quad (87)$$

где $F_{н.м}$ – общая площадь наплавленного металла, мм^2;

K, K_1 – катет шва, мм;

$K_\text{у}$ – коэффициент усиления, $K_\text{у}$ = 1,25.

Тогда,

$$F_{\text{н.м}} = \frac{20 \cdot 20}{2} \cdot 1{,}25 = 250\text{мм}^2.$$

$$n = \frac{250}{40} = 6{,}25.$$

Примем количество проходов $n = 6$.

10 Контроль качества сварных соединений

Категории сварных соединений, методы и объём контроля устанавливаются в соответствии с СТ ЦКБА 025 – 2006 [20]. Материал основных деталей конструкции изготавливаются из стали 09Г2С. Для сталей перлитного класса устанавливаются пять категорий сварных соединений, представленные в таблице 27.

Таблица 27 – Категории сварных соединений трубопроводной арматуры из сталей перлитного класса

Категория сварных соединений	Характеристика конструкции
1	Сварные конструкции: - находящиеся под давлением среды 6,3 МПа(63 кгс/см^2) и выше; - находящиеся постоянно в контакте с взрывоопасными, пожароопасными и токсичными средами, в которых нарушение плотности недопустимо; - находящиеся под давлением среды и эксплуатируемые при температуре окружающего воздуха от минус 40 до минус 60 °С; - требующие испытания на вакуумную плотность
2	Сварные конструкции: - находящиеся под давлением среды от 2,5 до6,3 МПа (от 25 до 63 кгс/см^2); - соприкасающиеся со средами при темпера-туре свыше 200 °С; - не находящиеся под внутренним давлением, но испытывающие силовое воздействие при температуре окружающего воздуха от минус 40 до минус 60 °С

Продолжение таблицы 27

3	Сварные конструкции: - находящиеся под давлением среды свыше 1,6и до 2,5 МПа (свыше 16 до 25 кгс/см^2); - находящиеся в контакте со средой при температуре до 200 °С; - находящиеся под внутренним давлением и эксплуатируемые при температуре окружающего воздуха до минус 40 °С
4	Сварные конструкции: - находящиеся под давлением среды до 1,6 МПа(16 кгс/см^2) включ.
5	Сварные конструкции не находящиеся под внутренним давлением или по условиям работы, отличающиеся от указанных выше категорий

Изделие, рассматриваемое в данной выпускной квалификационной работе, подходит под 3-ю категорию сварных соединений.

При контроле сварных соединений могут применяться следующие методы неразрушающего и разрушающего контроля:

– визуальный и измерительный;
– капиллярный;
– магнитопорошковый;
– радиографический;
– ультразвуковой;
– гидравлические испытания;
– контроль герметичности
– механические испытания;
– металлографическое исследование;
– испытание на стойкость к межкристаллитной коррозии. Нормативные документы на методику испытаний:
– визуальный и измерительный контроль: ГОСТ Р ИСО17637 – 2014

[32];

– гидравлические испытания: ГОСТ 24054 – 80 [33];
– ультразвуковой контроль: ГОСТ Р 55724 – 2013 [30];
– капиллярный контроль: ГОСТ 18442 – 80 [31];
– статическое растяжение: ГОСТ 1497 – 2023 [34];
– статический изгиб: ГОСТ 14019 – 2003 [35];
– ударный изгиб: ГОСТ 9454 – 78 [36];

Методы и объем неразрушающего контроля сварных соединений указаны втаблице 28.

Таблица 28 – Методы и объем неразрушающего контроля сварных соединений

Категория сварного соединения	Объем контроля			
	Визуальный и измерительный контроль	Капиллярный или магнитопорошковый контроль	Радиографический или ультразвуковой контроль	Гидравлические испытания
		Углеродистые и низколегированные стали	Углеродистые и низколегированные стали	
1	100	100	100	100
2	100	100	50	100
3	100	50	25	100
4	100	25	10	100
5	100	-	-	-

Для 3-ей категории сварных соединений выбирается комплекс неразрушающего контроля: визуальный и измерительный контроль в объёме 100%, капиллярный контроль в объёме 50%, ультразвуковой контроль в объёме 25%, т.к. для задвижек свыше *DN* 200 рекомендуется использовать его и гидравлические испытания в объёме 100%. Для швов № 1 и № 2 также необходимо провести испытанияна статическое растяжение, статический изгиб и на ударный изгиб, т.к. конструкция работает при температурах ниже минус 20 °С.

Нормы поверхностных дефектов сварных соединений при визуальном

контроле указаны в таблице 29.

Таблица 29 – Нормы поверхностных дефектов сварных соединений при визуальномконтроле

Наименование дефекта	Максимально допускаемый дефект в сварных соединениях (наплавках) категорий
Трещины; наплывы; прожоги; не заваренные кратеры	Не допускаются
Подрезы	Допускаются отдельные подрезы длиной не более 10 % от протяженности сварного шва и глубиной до 0,5 мм
Поры, шлаковые включения	Допускаются одиночные поры и другие включения размером до 10 % толщины свариваемого металла, но не более 1,5 мм, в количестве не более трех штук на каждые 100 мм длины шва
Смещение свариваемых кромок	Допускается смещение свариваемых кромок до 10 % от толщины основного материала, но неболее 1 мм
«Утяжка» - внутренняя вогнутость корня шва при аргонодуговой сварке без подкладки	Для труб с толщиной стенки: - до 3 мм включ. - не более 0,4 мм; - свыше 3 мм до 8 мм включ. - не более 0,6 мм; - свыше 8 мм - 1,1 мм
Сплошное или прерывистое усиление корня шва при аргонодуговой сварке без подкладки	Для труб с размером диаметра - до 30 мм - не более 1,5 мм; - более 30 мм - не более 2,0 мм
Цвета побежалости при сварке в защитных газах	Допускаются серого цвета без какого-либо налета при сварке деталей из легированных и коррозионностойких сталей и сплавов

Нормы допустимости одиночных поверхностных включений сварных соединений и предварительно наплавленных кромок при визуально- измерительном контроле указаны в таблице 30.

Нормы допустимости одиночных несплошностей при ультразвуковом контроле сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей

перлитного класса указаны в таблице 31.

Таблица 30 – Нормы допустимости одиночных поверхностных включений сварныхсоединений и предварительно наплавленных кромок

Номинальная толщина сварных (наплавленных) деталей,мм	Допускаемый наибольший размер включения в сварных соединениях (наплавках), мм,для категорий	Максимально допускаемое число включений на любых 100мм протяженности сварного соединения (наплавки) для категорий
	3-5	3-5
от 10,0 до 15,0 от 15,0 до 20,0	1,5 2,0	5,0 6,0

Таблица 31 – Нормы допустимости одиночных несплошностей при ультразвуковомконтроле сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей перлитного класса

S, мм	Эквивалентная площадь одиночных несплошностей, мм		Допускаемое число фиксируемых одиночных несплошностей на любые 100 мм протяженности сварного соедине- ния, шт. для категории сварного соединения
	минимально фиксируемая для категории сварного соединения	максимально допускаемая для категории сварного соединения	
	3	3	3
Св. 10,0 до 20,0	3,5	7,0	8,0

Нормы допустимости одиночных несплошностей при ультразвуковом контроле сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей перлитного класса указаны в таблице 32.

Гидравлические испытания сварных соединений являются важнейшим этапом контроля качества изделий, предназначенных для эксплуатации под давлением. Основной целью проведения гидравлических испытаний является проверка прочности сварных соединений на воспринимаемое ими давление, а

также оценка их плотности для исключения возможных утечек рабочей среды в процессе дальнейшей эксплуатации.

Таблица 32 – Нормы допустимости одиночных несплошностей при ультразвуковом контроле сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей перлитного класса

Номинальная толщина свариваемых элементов, мм	Наименьшая фиксируемая эквивалентная площадь точечного дефекта, мм^2	Наибольшая допустимая эквивалентная площадь точечного дефекта, мм^2	Максимальное количество допустимых дефектов на любые 100 мм длины шва,шт.
	Категория сварного соединения		
	3	3	3
От 10,0 до 18,0 включ.	7,0	10,0	7,0
От 18,0 до 30,0 включ.	10,0	15,0	8,0

Гидравлическим испытаниям подлежат все сварные соединения элементов трубопроводной арматуры и других конструкций, рассчитанных на работу под избыточным давлением. Испытания выполняются в строгом соответствии с требованиями рабочих чертежей и конструкторской документации, в которых устанавливаются конкретные параметры проведения испытаний, включая величину испытательного давления, способ его создания и выдержку под давлением.

Процесс проведения гидравлических испытаний предусматривает заполнение внутреннего объёма испытываемого изделия жидкостью (как правило, водой) с последующим плавным увеличением давления до установленного значения. Изделие удерживается под испытательным давлением в течение определённого времени, регламентированного технологическими картами или нормативно-техническими документами. В ходе испытаний осуществляется тщательный визуальный контроль сварных соединений на предмет появления признаков дефектов.

Качество сварного соединения признаётся неудовлетворительным в следующих случаях:

– обнаружение трещин, разрывов, других видов разрушения материала;

– наличие течи воды через сварной шов или сопряжение деталей;

– проявление так называемого «потения» — выхода жидкости в виде мельчайших капель через микродефекты соединения.

Выявленные в процессе гидравлических испытаний дефекты свидетельствуют о несоответствии сварного соединения установленным требованиям. Участки сварных швов, в которых зафиксированы нарушения целостности или герметичности, подлежат браковке и обязательному устранению выявленных дефектов. После проведения ремонтных работ изделие повторно подвергается гидравлическим испытаниям для подтверждения устранения нарушений и обеспечения требуемого уровня безопасности.

Нормы оценки при испытании на статический изгиб указаны в таблице 33.

Таблица 33 – Нормы оценки при испытании на статический изгиб

Материал сваренных деталей	*S*, мм	Заданный угол загиба, град
Углеродистые стали	До 20,0 включ.	100

Для сварных соединений из сталей перлитного класса, предназначенных для работы при температуре ниже минус 20°С при проведении испытаний на ударный изгиб устанавливаются следующие минимальные значения: *KCU* – 30, *KCV* – 20.

В данном разделе были рассмотрены основные виды контроля сварных соединений для проектируемой конструкции, приведены краткие характеристики методов контроля. Также были назначены методы контроля на сварные соединения и их объем. А также методы и объёмы неразрушающих контролей.

Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работы была разработана проектная документация по элементам конструкции и технологии сборки и сварки корпуса задвижки шиберной диаметром *DN* 1000. В процессе проектирования конструкция была всесторонне проанализирована: определены её назначение, условия эксплуатации, приведены основные технические характеристики и сформулированы требования к изготовлению изделия в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

Для проектируемой конструкции произведён обоснованный выбор материалов, исходя из их физико-механических свойств, технологичности и эксплуатационных требований. Приведены характеристики применяемых материалов, в том числе показатели прочности, пластичности и коррозионной стойкости, а также представлен их сортамент. Дополнительно была выполнена оценка технологической свариваемости выбранных материалов, что стало основой для обоснования выбора сварочных технологий.

На основании конструктивного анализа изделия были выбраны методы расчёта, позволившие провести проверку прочностных характеристик основных элементов корпуса. Определены основные габаритные размеры конструкции, произведено проектирование схемы расположения сварных швов, их количества, типов и видов. Спроектированы сварные соединения с обоснованием необходимости подготовки кромок свариваемых элементов для обеспечения требуемого качества сварки.

С учётом толщины свариваемых элементов и химического состава применяемых материалов были подобраны оптимальные способы сварки, включающие механизированную и автоматическую сварку в среде защитных газов, а также упразднение ручной дуговой сварки покрытыми электродами в пользу механизированной сварки в среде защитных газов в качестве повышения производительности и технологичности производства. Проведён выбор сварочных материалов с учётом типа основных металлов и технологических параметров процесса. Приведены марки и типы выбранных сварочных материалов, их хи-

мический состав и механические свойства, обеспечивающие необходимые характеристики сварных соединений.

В соответствии с конструктивными особенностями изделия и требованиями технологического процесса было осуществлено обоснование выбора сварочного оборудования. Определены рациональные приёмы сварки элементов конструкции, произведён расчёт параметров режимов сварки, включая силу сварочного тока, напряжение дуги и скорость подачи сварочной проволоки.

Особое внимание в проектной части работы было уделено вопросам контроля качества сварных соединений. В зависимости от класса изделия и характера эксплуатации определены методы неразрушающего контроля, а также установлен объём контроля для каждого типа сварных соединений.

Таким образом, выполненная работа позволяет сделать вывод о полной технологической и конструктивной готовности проектируемого изделия к производству с обеспечением необходимых требований к прочности, надёжности, безопасности и долговечности.

Список использованных источников

1. **Патентные исследования. Содержание и порядок проведения** [Текст]: ГОСТ Р 15.011 – 96. – Введ. 1996 – 06 – 30 – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 16 с.

2. **Горелка для дуговой сварки в защитных газах** [Текст]: Авторское свидетельство СССР / Геллер С.В., № 1466886, *B23K* 9/16, № 4140802/27, заявл. 09.09.1986, опубл. 30.07.1994

3. **Механизм для импульсной подачи сварочной проволоки** [Текст]: пат. 2630404, Рос.Федерация,: *B23K* 9/133, СолодскийС.А., Ильященко Д.П., Брунова Н.А., № 2016107529, заявл. 01.03.2016, опубл. 07.09.2017

4. **Токопроводящий наконечник для дуговой сварки плавящимся электродом и способ его изготовления** [Текст]: пат. 220036, Рос.Федерация, *B23K* 9/173, *B23K* 9/28 / Роптанов Н.А., Ошкин А.И., Фролов В.А., Шушурин В.А; заявитель и патентообладатель АО «АВТОВАЗ» – № 2002102524, заявл. 28.01.2002, опубл. 27.12.2003, Бюл. № 36

5. **Способ двухдуговой автоматической сварки**[Текст]: пат. 2687118, Рос.Федерация,: *B23K* 9/16, Сидоров В.П; заявитель и патентообладатель Сидоров В.П. – № 2018106218, заявл. 19.02.2018, опубл. 07.05.2019 , Бюл. № 13

6. **Способ механизированной наплавки дугой косвенного действия** [Текст]: пат. 2609592, Рос.Федерация,: *B23K* 9/04, Сидоров В.П; ЗюбинД.В., Борисов Н.А., заявитель и патентообладатель Фонд «Головной Аттестационный Центр по сварочному производству Средне-Волжского Региона». – № 2015111741, заявл. 31.03.2015, опубл. 02.02.2017, Бюл. № 4

7. **Способ механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов** [Текст]: пат. 2613264, Рос.Федерация,: *B23K* 9/04, /Кузнецов М.А., Крампит Н.Ю., Зернин Е.А., заявитель и патентообладатель Фонд «Головной Аттестационный Центр по сварочному производству Средне-Волжского Региона». № 2015127154, заявл. 06.07.2015, опубл. 15.03.2017, Бюл. № 8

8. **Способ сварки комбинацией дуг** [Текст]: пат. 2646302, Рос.Федерация,: *B23K* 9/16, *BK* 9/09 / Сидоров В.П; заявитель и патентообладатель Сидоров В.П. – № 2017104685, заявл. 13.02.2017, опубл. 02.03.2018, Бюл. № 7

9. **Способ дуговой механизированной двухэлектродной сварки** [Текст]: пат. 2646302, Рос.Федерация,: *B23K* 9/16,/ Сидоров В.П; заявитель и патентообладатель Сидоров В.П. – № 2016141210, заявл. 19.10.2016, опубл. 21.12.20170, Бюл. № 36

10. **Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды** [Текст]: ГОСТ 15150 – 69. - Введ. 1971 – 01–01 – М.: Стандартинформ, 2010. – 58 с.

11. **Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ 33852 – 2016. – Введ. 2016 – 08 – 01 – М.: Изд-во стандартов, 2017. – 73 с.

12. **Арматура трубопроводная промышленная. Задвижки на номинальное давление не более *PN* 250. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ 5762 – 2002. – Введ. 2003 – 06 – 30 – М.: Стандартинформ, 2003. – 18 с.

13. **Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до *PN* 250. Конструкция, размеры и общие технические требования** [Текст]: ГОСТ 33259 – 2015. – Введ. 2016 – 04 – 01 – М.: Стандартинформ, 2016. – 102 с.

14. **Арматура трубопроводная. Требования к маркировке и отличительной окраске** [Текст]: ГОСТ 4666 – 2015. – Введ. 2017–03–01 – М: Стандартинформ, 2017. – 26 с.

15. **Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов** [Текст]: ГОСТ 9544 – 2015. — Введ. 2015–03–27 – М: Стандартинформ, 2015. –50 с.

16. **Арматура и детали трубопроводов. Давления номинальные, пробные и рабочие. Ряды** [Текст]: ГОСТ 356-80. – Введ. 2017–05–18.–М.: Стандартинформ, 2017 – 31 с.

17. **Арматура трубопроводная. Металлы, применяемые в арматуростроении** [Текст]: ГОСТ 33260-2015. – Введ. 2016–04–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 61 с.

18. **Межгосударственный стандарт Арматура трубопроводная. Общие требования безопасности** [Текст]: ГОСТ 12.2.063-2015. – Введ. – 1980-01-01. –М: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985. – II, 39 с.

19. **Арматура трубопроводная. Поковки, штамповки и заготовки из проката. Технические требования** [Текст]; СТ ЦКБА 010 – 2004. – Введ. – 2004–12–28. – М.: АО «НПФ ЦКБА», 2004. – 55 с.

20. **Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений** [Текст]: СТ ЦКБА 025-2006. – Введ. 2006–04–25. – М: АО «НПФ ЦКБА», 2006 г. – 71 с.

21. **Устройство для дуговой сварки в среде защитном газе** [Текст]: пат. 20108824 Рос. Федерация: МПК *B23K* 9/16, *B23K* 9/095 Казаков Ю. В, Корягин К.Б, Моторин К.В, Кузнецов В.Е.; заявитель и патентообладатель Научное конструкторско-технологическое бюро "Парсек". - № 20108824/02; заявл. 06.05.01; опубл. 10.05.02, Бюл. №4.

22. **Арматура трубопроводная. Металлы, применяемые в арматуростроении. Часть 1. Основные требования к выбору материалов** [Текст]: СТ ЦКБА 005.1 – 2003. – Введ. 2004 – 01 – 01 – М.: Стандартинформ, 2004. – 62 с.

23. **Арматура трубопроводная Общие требования безопасности** [Текст]: ГОСТ 12.2.063-2015 – Введ 01.04.2016 М: Стандартинформ, 2016. – 31 с.

24. **Отливки из хладостойкой и износостойкой стали. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ 21357 – 87. – Введ. 1988 – 06 – 30 – М.:

Изд-во стандартов, 1987. – 10 с.

25. **Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия** [Текст]: ГОСТ 19281 – 2014. – Введ. 2015 – 01 – 01 – М.: Стандартинформ, 2015. – 15 с.

26. **Проволока стальная сварочная. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 2246-70. – Введ. 1973 – 01 – 01 – М.: Стандартинформ, 2008 – 20 с.

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

28. **Флюсы сварочные плавленые. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 9087 – 81 – Введ. 1982 – 0– 01 – М.: Изд-во стандартов, 2002 – 10 с.

29. **Баллоны стальные малого и среднего объема для газов на Рр≤19,6 МПа (200 кгс/см кв.). Технические условия** [Текст]: ГОСТ 949 – 73. - Введ. 1975 – 01 – 01 – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 17 с.

30. **Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые** [Текст]: ГОСТ Р 55724-2013. – Введ. 2015 – 07 – 01 – М.: Стандартинформ, 2014. – 41 с.

31. **Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования** [Текст]: ГОСТ 18442 – 80. – Введ. 1981 – 06 – 01 – М.: Стандартинформ, 1981. – 16 с.

32. **Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением** [Текст]: ГОСТ Р ИСО 17637 – 2014. – Введ 2016 – 01 – 01 – М.: Стандартинформ, 2016. – 15 с.

33. **Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования** [Текст]: ГОСТ 24054 – 80. – Введ. 1981 – 01 – 01 – М.: Стандартинформ, 1981. – 8 с.

34. **Металлы. Методы испытаний на растяжение** [Текст]: ГОСТ 1497 – 2023. – Введ. 2024 – 07 – 01 – М.: Стандартинформ, 2024. – 48 с.

35. **Материалы металлические. Метод испытания на изгиб** [Текст]: ГОСТ 14019 – 2003. – Введ. 2004 – 01 – 09 – М.: Стандартинформ, 2006 – 6 с.

36. **Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах** [Текст]: ГОСТ 9454 – 78. – Введ. 1979 – 01 – 01 – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 13 с.

37. **Арматура трубопроводная. Методы контроля и испытаний** [Текст]: ГОСТ 33257 – 2015. – Введ. 2016 – 01 – 01 – М.: Стандартинформ, 2016 – 52 с.

38. **Сварные соединения. Методы определения механических свойств** [Текст]: ГОСТ 6696 – 66. – Введ 1967 – 01 – 01 – М.: Стандартинформ, 2006. – 66 с.

39. **Система стандартов безопасности труда. Работы электросварочные. Требования безопасности** [Текст]: ГОСТ 12.3.003 – 86. – Введ 1988 – 01 – 01 – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 10 с.

40. **Усатый С.Г. Проектирование сварных конструкций. Расчет сварных соединений** [Текст]: учебное пособие / С.Г. Усатый, А.Е. Розен, С.Н. Чугунов, С.Г. Ракитин, А.В. Прыщак - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2010. - 132 с.

41. **Гордиевский В.Г. Инженерно-технологические основы подготовки сварочного производства** [Текст]: учебное пособие / В.Г. Гордиевский, А Е. Розен, С.Г. Усатый, С.С. Солдатова, А.О. Кривенков, А.В. Прыщак - Пенза: Изд-во Пензенского гос. ун-та, 2010. - 276 с.

42. **Шиберная задвижка – Википедия:** сайт свободная энциклопедия: - Электронный ресурс. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Шиберная_задвижка (дата обращения 22.05.2025)

Приложение А

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

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	*ГОСТ 33852-2016; СТ ЦКБА 025-2006*
2	Способ сварки	*АФ*
3	Основной материал (марки)	*сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357–87* *сталь 09Г2С по ГОСТ 19281–89*
4	Основной материал (группа)	*1 (М01)*
5	Сварочные материалы	*проволока 3,2 Св-08Г2С.* *флюсАН-43 по ГОСТ 9087-81.*
6	Толщина свариваемых деталей	*50,0 56,0*
7	Диаметр деталей в зоне сварки	*1210,0*
8	Тип шва	*СШ*
9	Тип соединения	*С-26 СТ ЦКБА 025-2006*
10	Вид шва соединения	*ос, сп*
11	Форма подготовки кромок	*с криволинейным скосом кромок*
12	Положение при сварке	*Н1 (нижнее)*
13	Вид покрытия электродов (для РД)	*нет*
14	Режимы подогрева	*предварительный до 150 °С*
15	Режимы термообработки	*нормализация при 900 °...920 °С плюс отпуск при 600 °...620 °С.*
16	Дополнительные параметры	

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

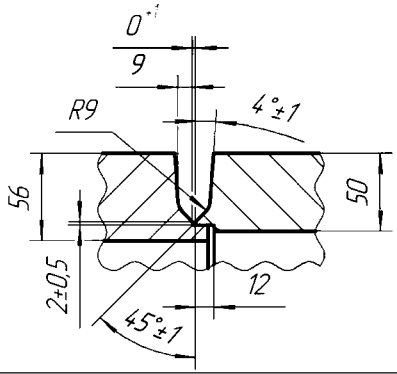
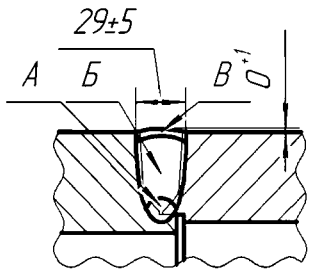
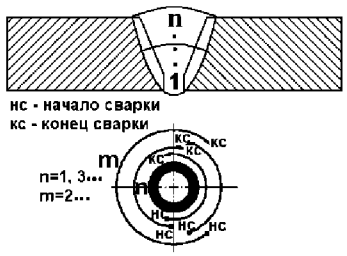
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S	*S*1	*N*	*e*		*g*	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
50,0	56,0	21,0	29,0	+5,0	0	+1,0

17.Сварочное оборудование (тип): автомат сварочный А – 1416.

18.Метод подготовки и очистки кромок: перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены механическим способом на ширину не менее 20 мм от загрязнений до металлического блеска; после сварки шов очистить от шлака, околошовную зону от брызг металла.

19. Требования к прихватке: длина каждой прихватки от 80 до 100 мм; шаг прихваток от 100 до 150 мм; высота прихваток от 3,0 до 3,5 мм.

20. Технологические параметры сварки:

Таблица 3 – Технологические параметры сварки

Номер валика (слоя) шва	Способ сварки	Диаметр электро-да, мм	Род и полярность тока	Сварочный Ток, А	Напряже-ние дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
А	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0…500,0	31,0…33,0	26,0…35,0	85,0…95,0
Б	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0…700,0	33,0…36,0	20,0…25,0	110,0…115,0
В	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0…700,0	3,0…36,0	20,0…25,0	110,0…115,0

21. Технологические требования к сварке:

21.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

21.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

21.3. Прихватки выполнять электродами УОНИ — 13/55 ГОСТ 9466 – 75.

21.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

21.5. Сварить шов до чертежных размеров.

21.6. Тщательно зачищать каждый проход от шлака и брызг металла. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

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

Таблица 4 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТ ЦКБА 025 – 2006	*100 %*
Измерительный	СТО 9701105632-003-2021		*100 %*
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724 – 2013		*100 %*
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		*100 %*
Гидравлический	ТУ3741 – 007 – 05749375 – 2005		*100 %*
Механические испытания	Статическое растяжение ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Статический изгиб ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Ударная вязкость ГОСТ 6996 – 66		*3 образца*

Разработал: _____ /*Николотов И.А..*/
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

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

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	*ГОСТ 33852-2016; СТ ЦКБА 025-2006*
2	Способ сварки	*АФ*
3	Основной материал (марки)	*сталь 20ГЛ по ГОСТ 21357–87* *сталь 09Г2С поГОСТ 19281–89*
4	Основной материал (группа)	*1 (М01)*
5	Сварочные материалы	*проволока 3,2 Св-08Г2С.* *флюсАН-43 по ГОСТ 9087-81.*
6	Толщина свариваемых деталей	*50, 56*
7	Диаметр деталей в зоне сварки	*1210*
8	Тип шва	*СШ*
9	Тип соединения	*С-26 СТ ЦКБА 025-2006*
10	Вид шва соединения	*ос, сп*
11	Форма подготовки кромок	*с криволинейным скосом кромок*
12	Положение при сварке	*Н1 (нижнее)*
13	Вид покрытия электродов (для РД)	*нет*
14	Режимы подогрева	*предварительный до 150 °С*
15	Режимы термообработки	*нормализация при 900°... 920 °С плюс отпуск при 600°... 620 °С.*
16	Дополнительные параметры	

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

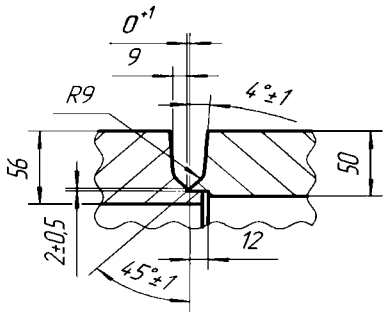
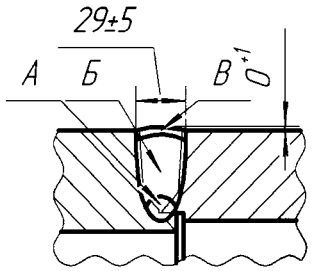
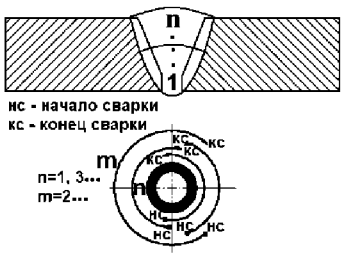
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S	*S*1	*N*	*e*		*g*	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
50,0	56,0	18,0	29,0	+5,0	0	+1,0

17.Сварочное оборудование (тип): автомат сварочный А — 1416.

18.Метод подготовки и очистки кромок: перед сборкой под сварку кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены механическим способом на ширину не менее 20 мм от загрязнений до металлического блеска; после сварки шов очистить от шлака, околошовную зону от брызг металла.

19. Требования к прихватке: длина каждой прихватки от 80 до 100 мм; шаг прихваток от 100 до 150 мм; высота прихваток от 3,0 до 3,5 мм.

20. Технологические параметры сварки:

Таблица 3 – Технологические параметры сварки

Номер валика (слоя) шва	Способ сварки	Диаметр электро-да, мм	Род и полярность тока	Сварочный Ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч	Скорость подачи проволоки, м/ч
А	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0…500,0	31,0…33,0	26,0…35,0	85,0…95,0
Б	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0…700,0	33,0…36,0	20,0…25,0	110,0…115,0
В	АФ	3,2	Постоянный, обратная	400,0…700,0	33,0…36,0	20,0…25,0	110,0…115,0

21. Технологические требования к сварке:

21.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

21.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

21.3. Прихватки выполнять электродами УОНИ — 13/55 ГОСТ 9466 – 75.

21.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

21.5. Сварить шов до чертежных размеров.

21.6. Тщательно зачищать каждый проход от шлака и брызг металла. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

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

Таблица 4 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТ ЦКБА 025 – 2006	*100 %*
Измерительный	СТО 9701105632-003-2021		*100 %*
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724 – 2013		*100 %*
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		*100 %*
Гидравлический	ТУ3741 – 007 – 05749375 – 2005		*100 %*
Механические испытания	Статическое растяжение ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Статический изгиб ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Ударная вязкость ГОСТ 6996 – 66		*3 образца*

Разработал: _____ /*Николотов.И.А.*/

(подпись) (фамилия, имя, отчество)

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

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	*ГОСТ 33852-2016; СТ ЦКБА 025-2006*
2	Способ сварки	*МП*
3	Основной материал (марки)	*09Г2С*
4	Основной материал (группа)	*1(М01)*
5	Сварочные материалы	*Проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70, Защитный газ: двуокись углерода по ГОСТ 8050 – 85;*
6	Толщина свариваемых деталей	*36+30 мм*
7	Диаметр деталей в зоне сварки	*95 мм*
8	Тип шва	*ТШ*
9	Тип соединения	*Тавровое Т1 СТ ЦКБА 025-2006*
10	Вид шва соединения	*ос (бп)*
11	Форма подготовки кромок	*Без скоса кромок*
12	Положение при сварке	*Н1*
13	Вид покрытия электродов (для РД)	*Отсутствует*
14	Режимы подогрева	*Отсутствует*
15	Режимы термообработки	*Подогрев отсутствует*
16	Дополнительные параметры	*Нет*

Таблица 1 – Последовательность выполнения и форма сварного соединения

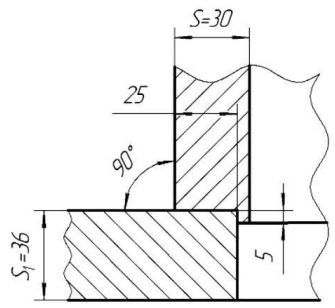
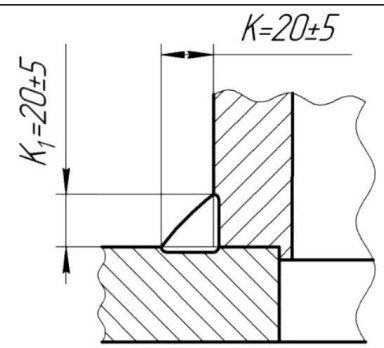
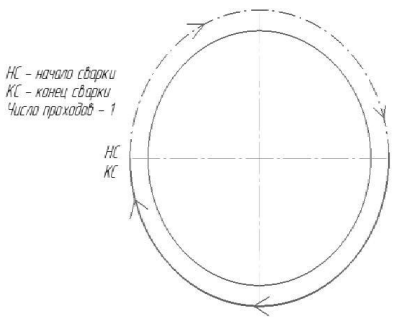
Конструкция соединения	**Конструктивные элементы шва**	**Порядок выполнения сварного шва**
		

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

S	K	N	b	
			Номин.	Пред.откл.
30,0	20,0	6,0	0	+5,0

17.Сварочное оборудование (тип): автомат сварочный МП.

18. Требования к прихватке: Согласно СТ ЦКБА 025-2006 количество прихваток в шве 3-4 штуки, их длина от 10 до 20 мм

19.Технологические параметры сварки:

Таблица 3 – Технологические пармаетры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость Подачи проволо-ки,м/ч	Скорость сварки, м/ч
1-6	1,6	по	250…300	31…33	300…310	16…18

Примечания: *1 – скорость сварки дана для справки.*

20. Технологические требования к сварке:

20.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

20.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

20.3. Прихватки выполнять электродами УОНИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75.

20.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

20.5. Сварить шов до чертежных размеров.

20.6. После сварки зачистить околошовную зону от брызг металла.

20.7. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

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

Таблица 4 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТ ЦКБА 025 – 2006	*100 %*
Измерительный	СТО 9701105632-003-2021		*100 %*
Капиллярный	ГОСТ 18442–80		*25 %*
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		*25%*
Механические испытания	Статическое растяжение ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Статический изгиб ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Ударная вязкость ГОСТ 6996 – 66		*3 образца*

Разработал: _____ /*Николотов.И.А.*/

(подпись) (фамилия, имя, отчество)

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 4

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	*ГОСТ 33852-2016; СТ ЦКБА 025-2006*
2	Способ сварки	*МП*
3	Основной материал (марки)	*09Г2С*
4	Основной материал (группа)	*1(М01)*
5	Сварочные материалы	*Проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70, Защитный газ: двуокись углерода по ГОСТ 8050 – 85;*
6	Толщина свариваемых деталей	*50+30 мм*
7	Диаметр деталей в зоне сварки	*95 мм*
8	Тип шва	*ТШ*
9	Тип соединения	*Тавровое Т1 СТ ЦКБА 025-2006*
10	Вид шва соединения	*ос (бп)*
11	Форма подготовки кромок	*Без скоса кромок*
12	Положение при сварке	*Н1*
13	Вид покрытия электродов (для РД)	*Отсутствует*
14	Режимы подогрева	*Отсутствует*
15	Режимы термообработки	*Подогрев отсутствует*
16	Дополнительные параметры	*Нет*

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

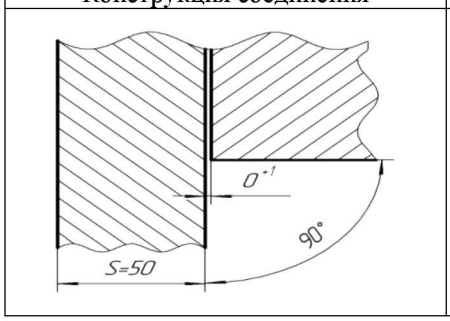
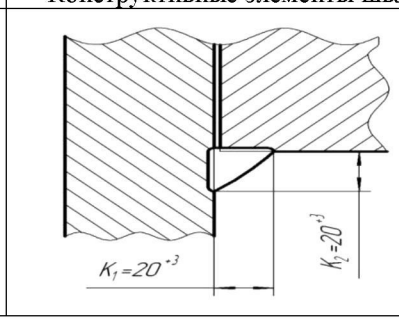
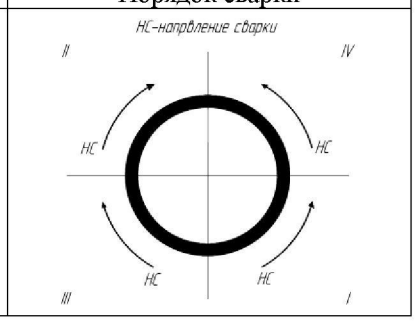
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S	S1	N	b	
			Номин.	Пред.откл.
50,0	30,0	6,0	0	+3,0

17. Сварочное оборудование (тип): автомат сварочный МП.

18. Требования к прихватке: Согласно СТ ЦКБА 025-2006 количество прихваток в шве 3-4 штуки, их длина от 10 до 20 мм

19.Технологические параметры сварки:

Таблица 3 – Технологические параметры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость Подачи проволо-ки,м/ч	Скорость сварки, м/ч
1-6	1,6	по	250…300	31…33	300…310	16…18

Примечания: *1 – скорость сварки дана для справки.*

20. Технологические требования к сварке:

20.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

20.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

20.3. Прихватки выполнять электродами УОНИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75.

20.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

20.5. Сварить шов до чертежных размеров.

20.6. После сварки зачистить околошовную зону от брызг металла.

20.7. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

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

Таблица 4 – Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТ ЦКБА 025 – 2006	*100 %*
Измерительный	СТО 9701105632-003-2021		*100 %*
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724 – 2013		*25 %*
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		*25 %*
Механические испытания	Статическое растяжение ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Статический изгиб ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Ударная вязкость ГОСТ 6996 – 66		*3 образца*

Разработал: _____ /*Николотов И.А.*/
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) ИЗДЕЛИЯ (УЗЛА, СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ) № 5

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	*ГОСТ 33852-2016; СТ ЦКБА 025-2006*
2	Способ сварки	*МП*
3	Основной материал (марки)	*09Г2С*
4	Основной материал (группа)	*1(М01)*
5	Сварочные материалы	*Проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70, Защитный газ: двуокись углерода по ГОСТ 8050 – 85;*
6	Толщина свариваемых деталей	*50+30 мм*
7	Диаметр деталей в зоне сварки	*95 мм*
8	Тип шва	*ТШ*
9	Тип соединения	*Тавровое Т1 СТ ЦКБА 025-2006*
10	Вид шва соединения	*ос (бп)*
11	Форма подготовки кромок	*Без скоса кромок*
12	Положение при сварке	*Н1*
13	Вид покрытия электродов (для РД)	*Отсутствует*
14	Режимы подогрева	*Отсутствует*
15	Режимы термообработки	*Подогрев отсутствует*
16	Дополнительные параметры	*Нет*

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

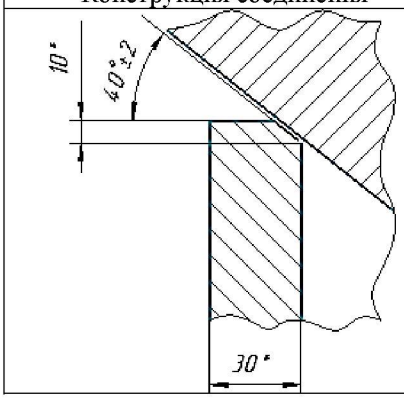
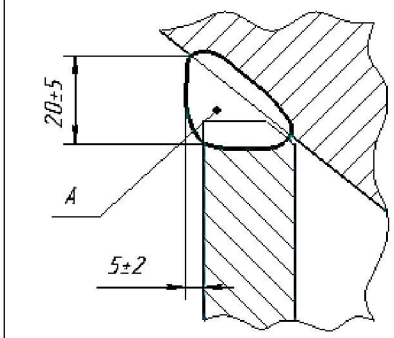
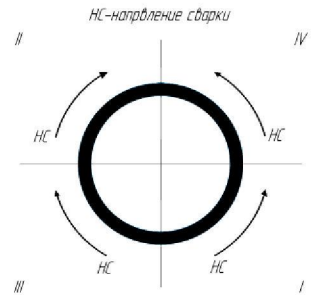
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S	S1	N	b	
			Номин.	Пред.откл.
50,0	30,0	6,0	0	+3,0

17. Сварочное оборудование (тип): автомат сварочный МП.

18. Требования к прихватке: Согласно СТ ЦКБА 025-2006 количество прихваток в шве 3-4 штуки, их длина от 10 до 20 мм

19.Технологические параметры сварки:

Таблица 3 – Технологические параметры сварки

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость Подачи про-волоки,м/ч	Скорость сварки, м/ч
1-6	1,6	по	250…300	31…33	300…310	16…18

Примечания: *1 – скорость сварки дана для справки.*

20. Технологические требования к сварке:

20.1. Перед сваркой кромки и прилегающие к ним зоны основного металла должны быть зачищены до металлического блеска от загрязнений, масел, краски и т.д. на ширине не менее 20 мм с двух сторон.

20.2. Собрать, прихватить РД. Прихватки выполняет аттестованный сварщик.

20.3. Прихватки выполнять электродами УОНИ – 13/55 ГОСТ 9466 – 75.

20.4. Произвести визуальный контроль прихваток после их очистки от шлака и брызг.

20.5. Сварить шов до чертежных размеров.

20.6. После сварки зачистить околошовную зону от брызг металла.

20.7. Произвести визуальный и измерительный контроль шва.

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

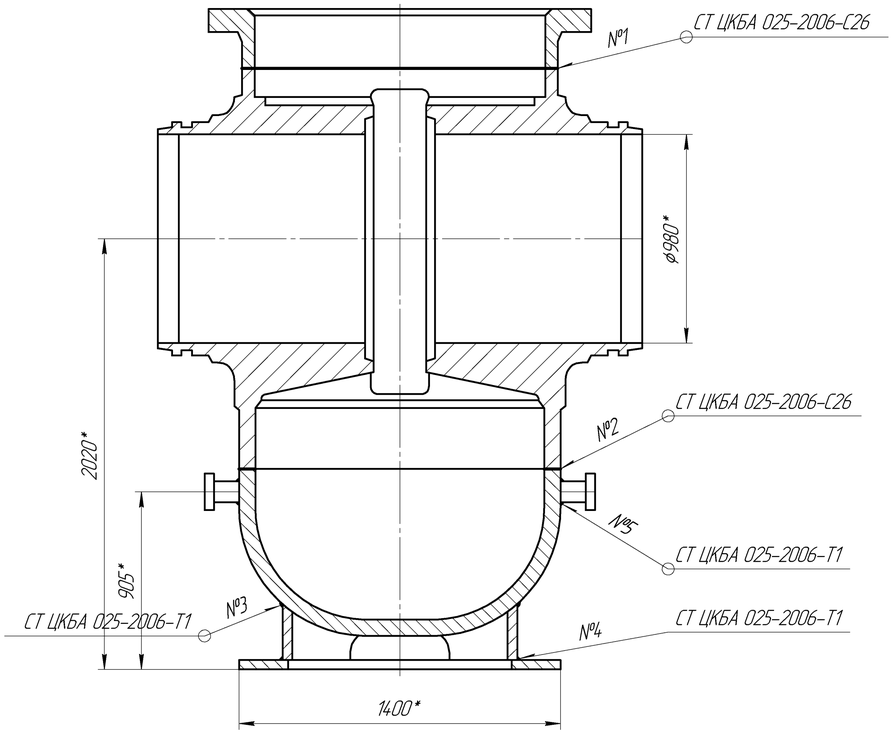
Таблица 4 – Требования к контролю качества

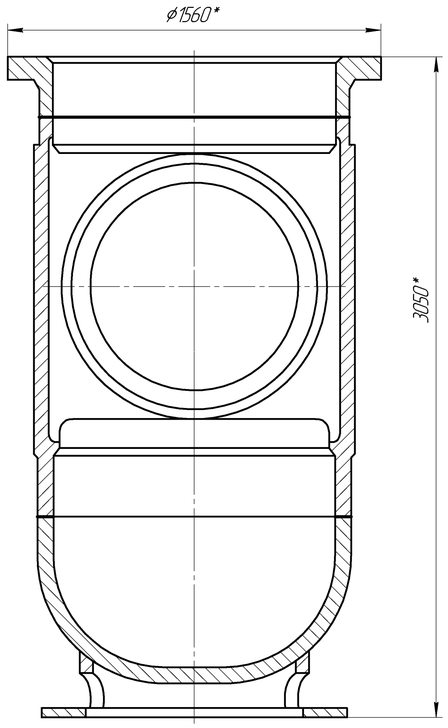
Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО 9701105632-003-2021	СТ ЦКБА 025 – 2006	*100 %*
Измерительный	СТО 9701105632-003-2021		*100 %*
Ультразвуковой	ГОСТ Р 55724 – 2013		*25 %*
Радиографический	ГОСТ 7512 – 82		*25 %*
Механические испытания	Статическое растяжение ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Статический изгиб ГОСТ 6996 – 66		*2 образца*
	Ударная вязкость ГОСТ 6996 – 66		*3 образца*

Разработал: _____ /*Николотов И.А.*/
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

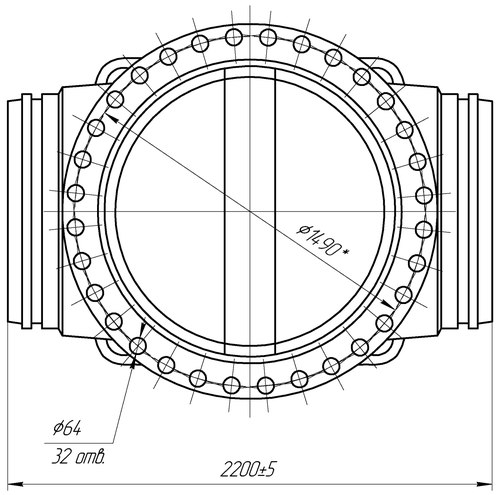
Приложение Б

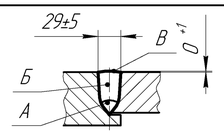
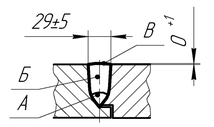
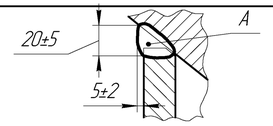
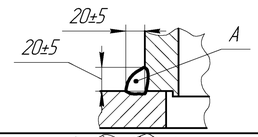
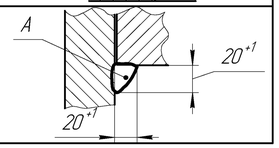
ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ВО





Технические характеристики	
Рабочее положение	вертикальное, фланцем вверх
Рабочая среда	нефть и нефтепродукты
Номинальное давление Рн, МПа	2,5
Температура окружающей среды, °С	от –40 до +60
Климатическое исполнение	ХЛ1
Температура рабочей среды, °С	от –15 до +80
Пробное давление, МПа	3,75
Срок службы, лет, не менее	30



Обознач. шва	Порядок наложения шва
1	
2	
3	
4	
5	

Технические требования

1. Изготовление по ГОСТ Р 55020–2012, СТ ЦКБА 025–2006 и ТУ 3741-007-05749375–2005.
2. Сварочные материалы: электроды марки УОНИИ-13/55 по ГОСТ 9466–75, проволока Св-08Г2С по ГОСТ 2246–70.
3. Методы и объем контроля сварных соединений по СТ ЦКБА 025–2006.
4. Контроль УЗК сварного шва №2 проводить на глубину 48 мм.
Степень контроледоступности – частично контроледоступный по ОСТ 5Р.9768–89.
5. При обработке сварного шва №2 и околошовных поверхностей допускается врезка в тело сопрягаемых деталей до 1 мм.
6. Капиллярный контроль сварных швов №2, 5 по II классу чувствительности ГОСТ 18442–80, нормы оценки качества по 2 классу дефектности ОСТ 26–5–99.
7. Поверхность сварного шва №5 и околошовной зоны на расстоянии 50 мм от шва зачистить √Ra 6,3 в технически возможном объеме, при этом допускается врезка абразивного инструмента до 1 мм в тела сопрягаемых деталей.
8. *Размеры для справок.
9. H14, h14, ±JT14/2.

						ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ВО	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Николаев И.А.			Корпус задвижки шиберной	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Крюков Д.Б.						1:25
Т.контр.		Крюков Д.Б.				Лист	Листов	
Н.контр.		Харин А.В.				Каф. "СЛПиМ" Гр. 21МОС1		
Утв.		Розен А.Е.						

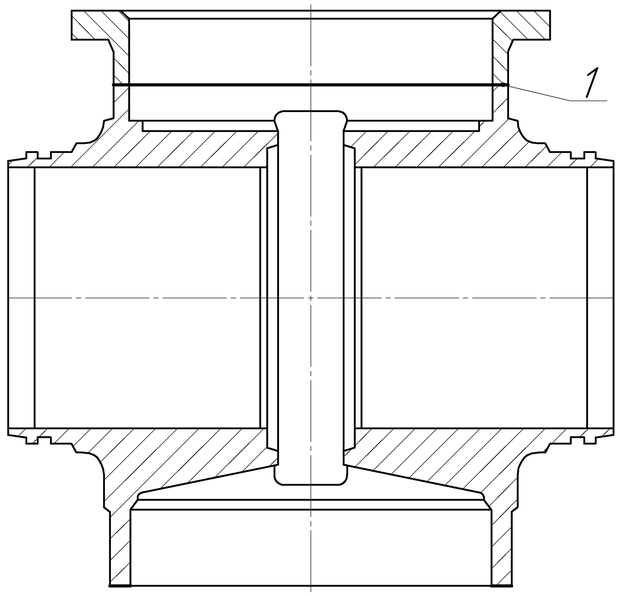
Копировал Формат А1

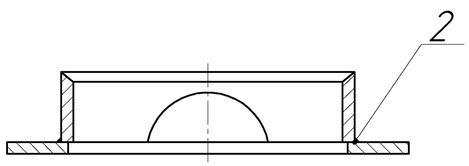
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

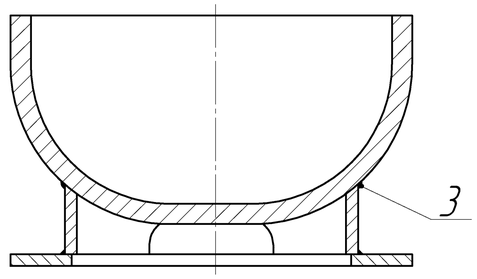
КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024, ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены
Не для коммерческого использования

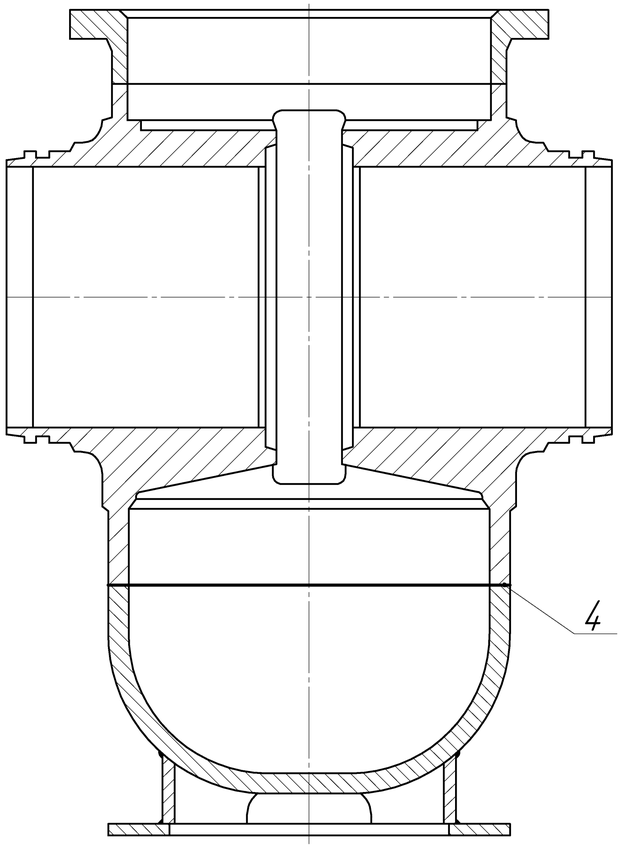
ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ4

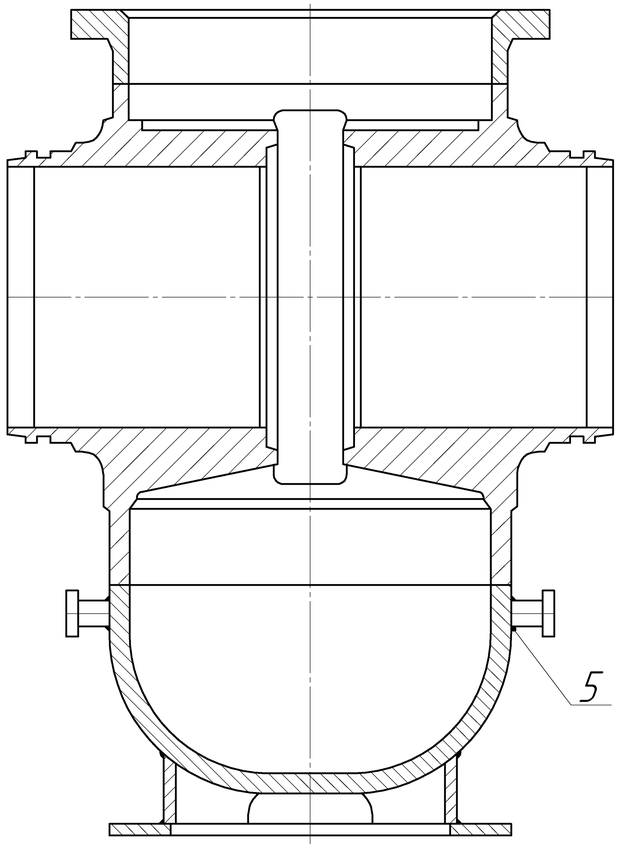
Схема сборки и сварки корпуса задвижки











1. Сборка и сварка крестовины и фланца.
2. Сборка и сварка опоры и кольца.
3. Сборка и сварка днища и опоры.
4. Сборка и сварка крестовины и днища.
5. Сборка и сварка днища и цапф.

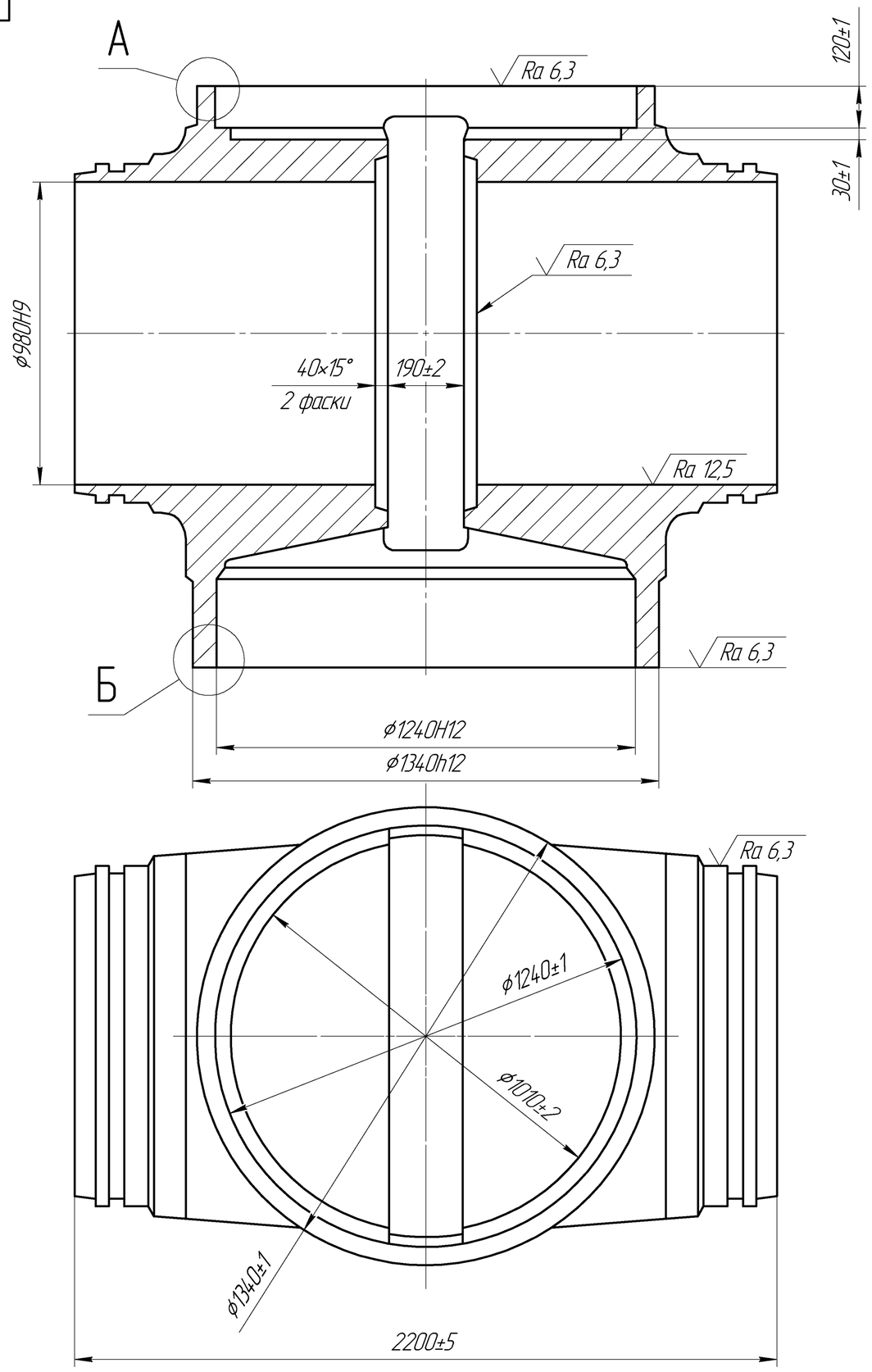
					ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ4		
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата	Схема сборки и сварки корпуса задвижки	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Николотов И.А.						1:25
Пров.		Крюков Д.Б.				Лист	Листов 1	
Т.контр.		Казанцев И.А.				кафедра "СПТиМ" гр. 21МОС1		
Н.контр.		Харин А.В.						
Утв.		Розен А.Е.						

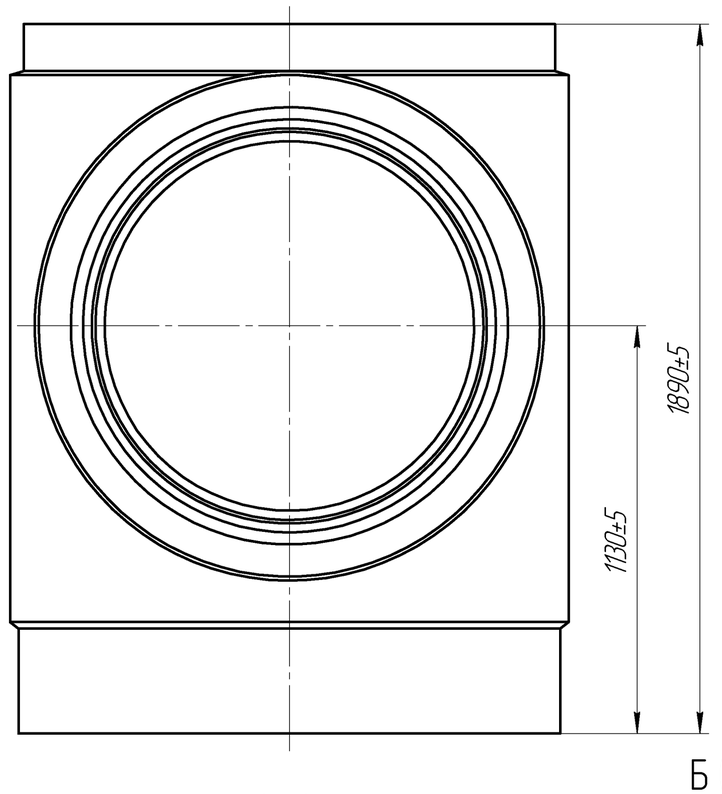
Копировал Формат А1

КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024, ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены
Не для коммерческого использования

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл.
Взам. инв. №
Инв. № дубл.
Подп. и дата

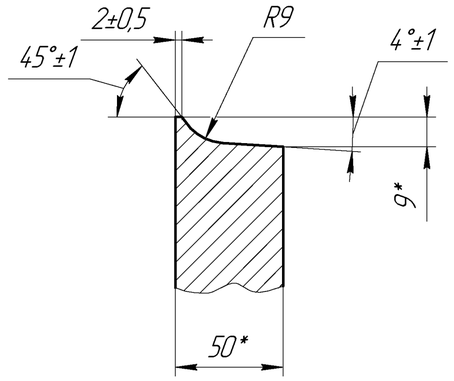
ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ1

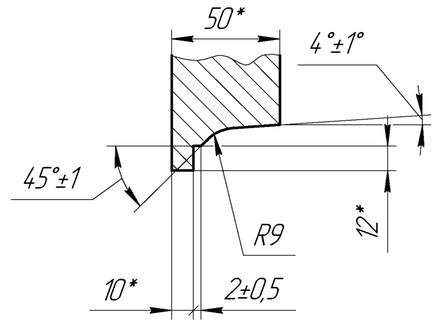




Б (1:2)

А (1:2)





1. * Размер для справок
2. H14, h14, $\frac{JT14}{2}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ1			
Разраб.		Николатов И.А.			Крестовина	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Крюков Д.Б.						1:10
Т.контр.		Крюков Д.Б.				Лист	Листов 1	
Н.контр.		Хорин А.В.			Сталь 20ГЛ ГОСТ 21357-87	Каф. СЛПиМ Гр. 21МОС1		
Утв.		Розен А.Е.						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены

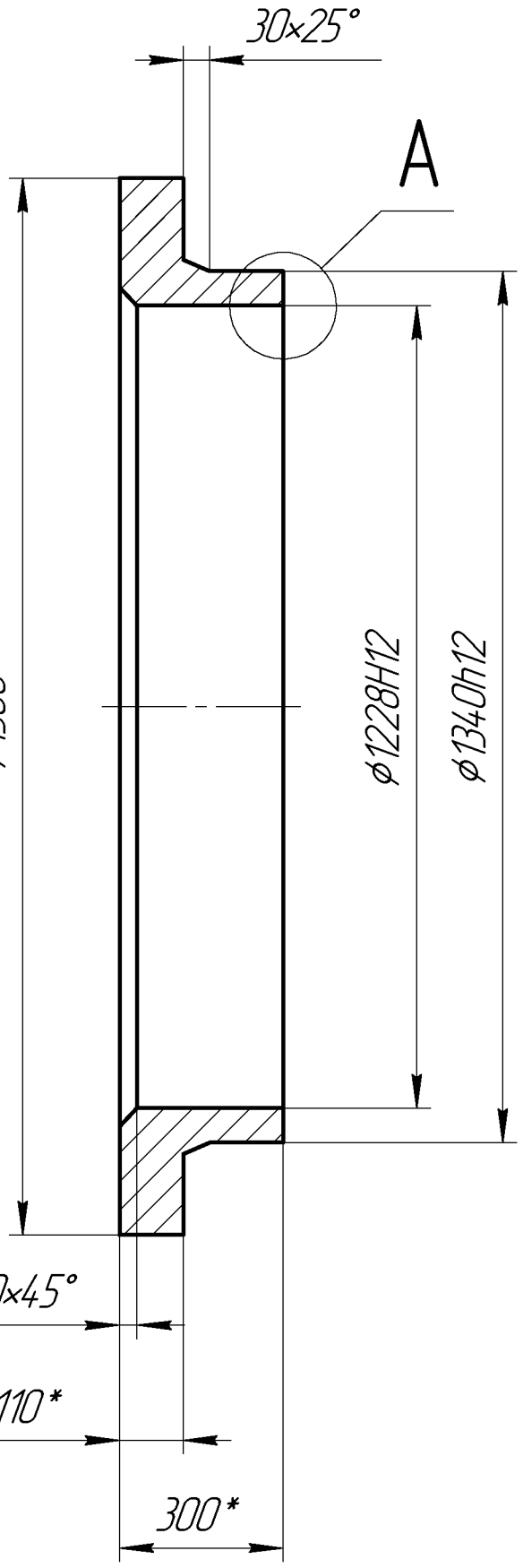
Не для коммерческого использования

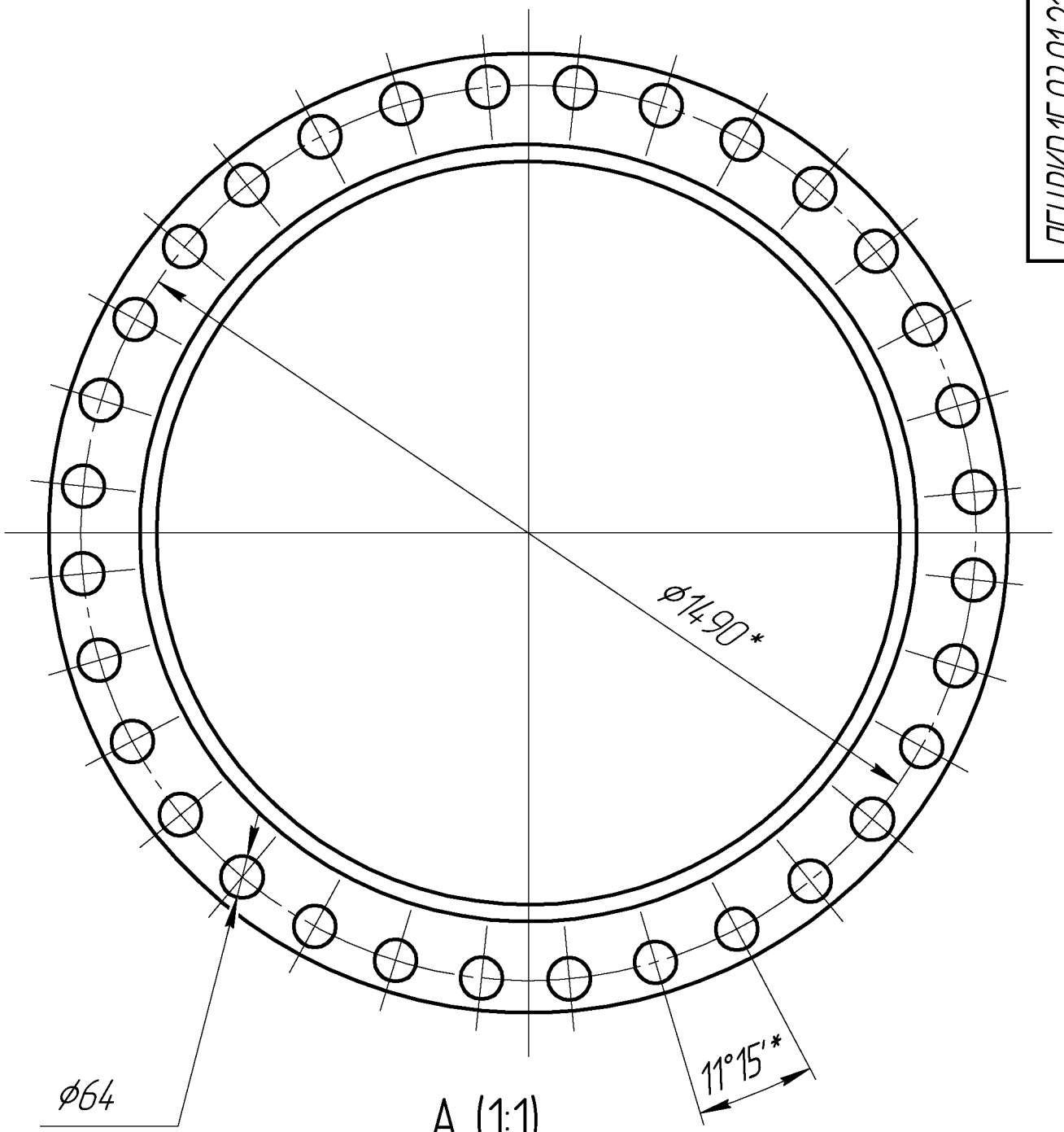
Копировал

Формат А2

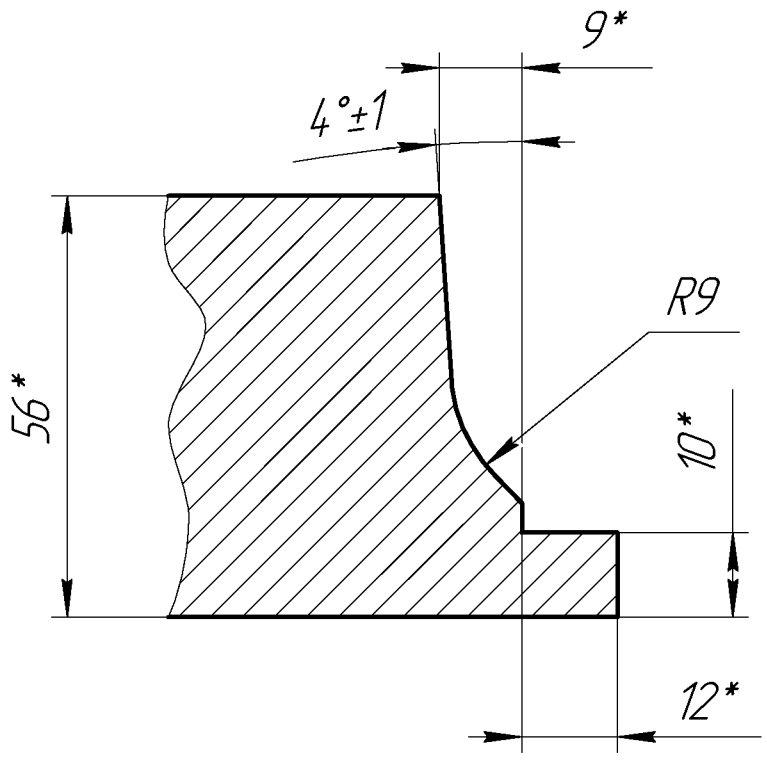
ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ2

Ra 3,2





A (1:1)



1. * Размер для справок
2. H14; h14; $\frac{JT14}{2}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Николотов И.А.		
Пров.		Крюков Д.Б.		
Т.контр.		Крюков Д.Б.		
Н.контр.		Хорин А.В.		
Утв.		Розен А.Е.		

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ2

Фланец

Лит.	Масса	Масштаб
		1:10

Лист	Листов 1

Сталь 09Г2С ГОСТ 19281-2014

Каф. "СПиМ"
Гр. 21МОС1

Копировал

Формат А3

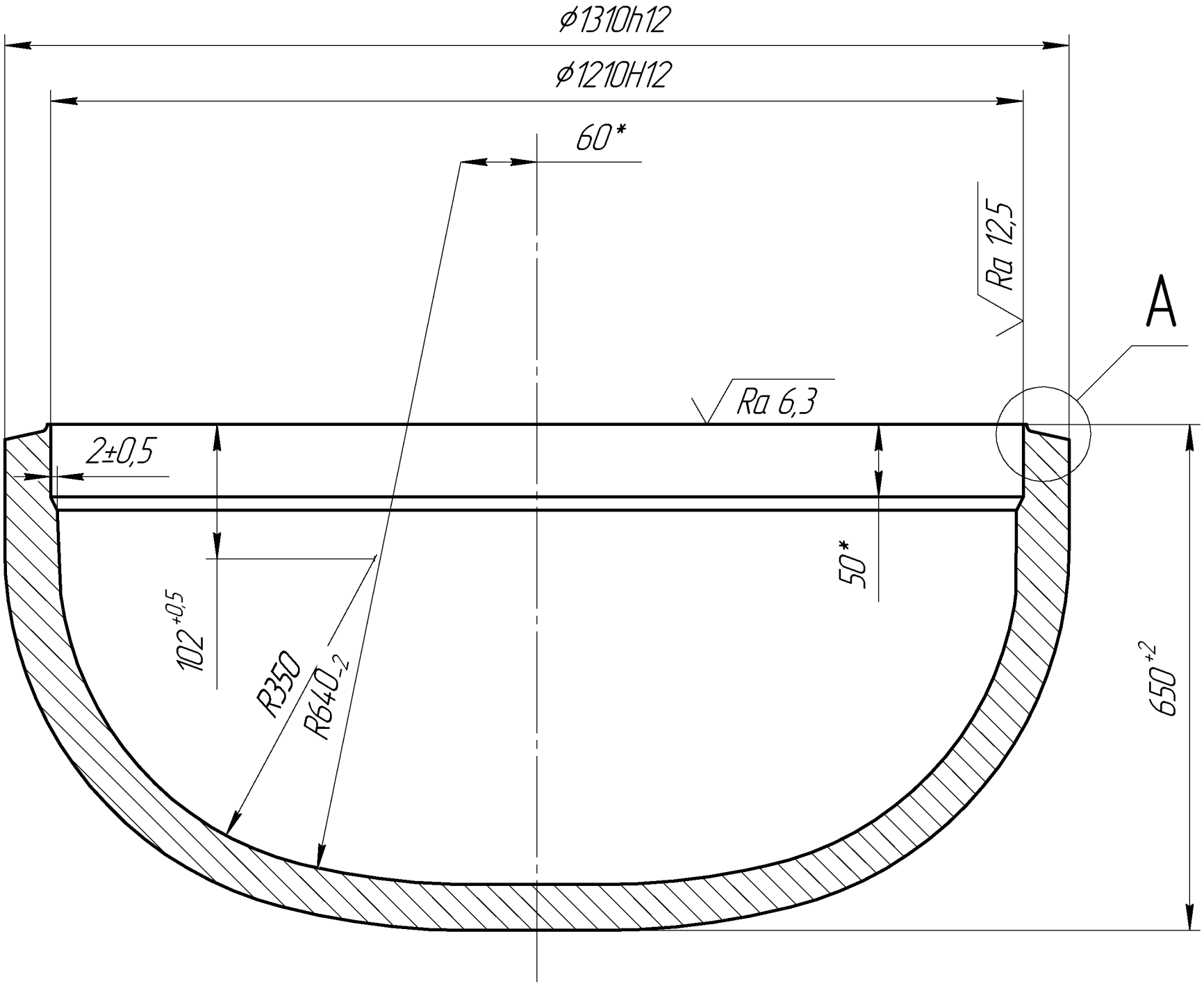
Перв. примен.

Справ. №

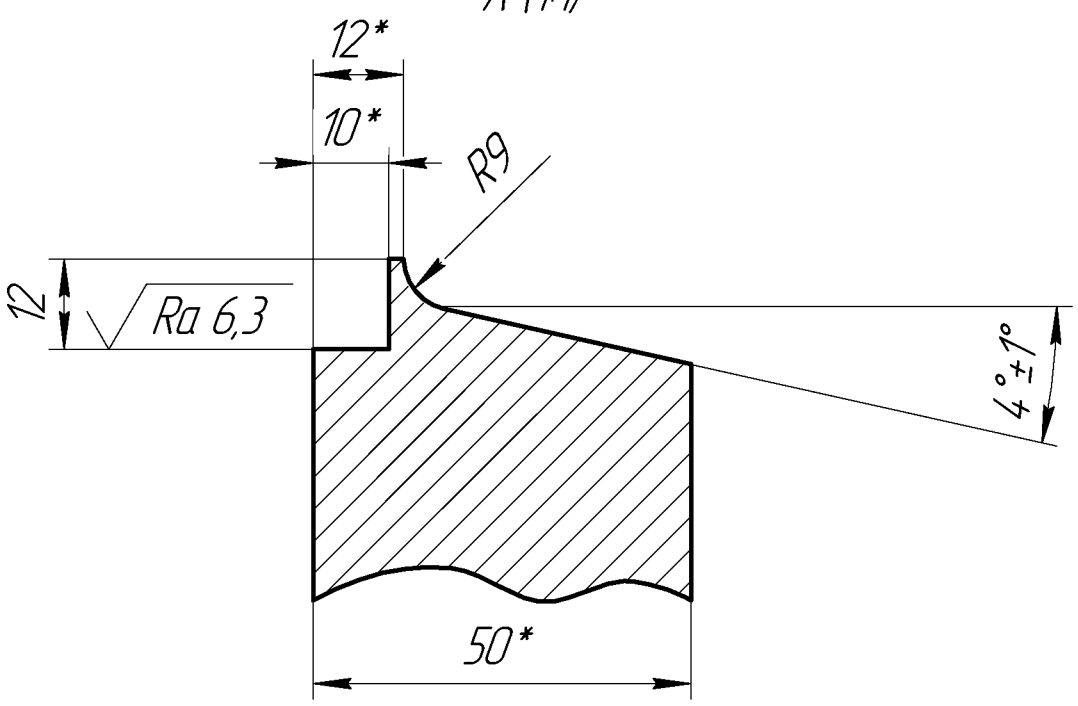
Подп. и дата | Инв. № подл. | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены

Не для коммерческого использования



A (1:1)



1. * Размер для справок

2. H14, h14, $\frac{JT14}{2}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Николотов И.А.		
Пров.		Крюков Д.Б.		
Т.контр.		Крюков Д.Б.		
Н.контр.		Хорин А.В.		
Утв.		Розен А.Е.		

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧЗ

Днище

Лит.	Масса	Масштаб
	180	1:5

Лист	Листов 1

Сталь 09Г2С
ГОСТ 19281-2014

Каф. "СЛПиМ"
Гр. 21МОС1

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

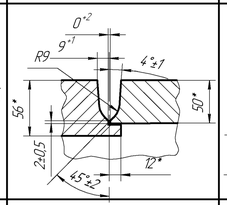
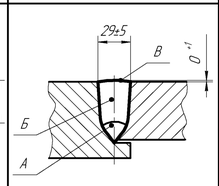
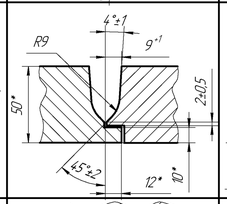
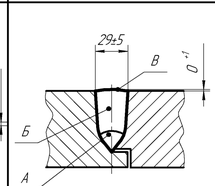
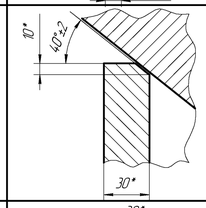
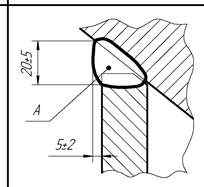
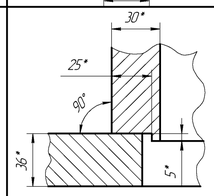
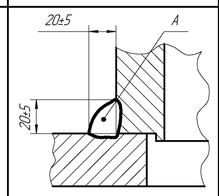
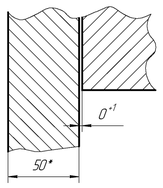
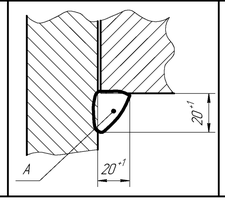
Подп. и дата | Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл.

КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.

Не для коммерческого использования

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ5

Технологические параметры режимов сварки

Обозначение шва	Условное обозначение способа сварки	НТД на сварку	Тип подготовки кромок	Порядок наложения шва	Обозначение прохода	Технологические параметры режима сварки						Марка проволоки/ электрода	Диаметр проволоки/ электрода, $d_{эл}$ мм	Защитная среда
						сварочный ток $I_{св}$, А	напряжение дуги $U_д$, В	скорость сварки $V_{св}$, м/ч	скорость подачи электродной проволоки $V_{под}$, м/ч	вылет электрода, мм	расход газа л/мин			
1	АФ	СТ ЦКБА 025-2006			А	400–500	31–33	26–35	85–95	45–50	–	Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70	3,2	Флюс АН-43 по ГОСТ 9087-81
					Б	450–600	33–36	20–25	110–115	30–45				
					В									
2	АФ	СТ ЦКБА 025-2006			А	400–500	31–33	26–35	85–95	45–50	–	Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70	3,2	Флюс АН-43 по ГОСТ 9087-81
					Б	450–600	33–36	20–25	110–115	30–45				
					В									
3	МП	СТ ЦКБА 025-2006			А	150–400	31–33	17–27	280–320	16–20	16–18	Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70	1,6	CO_2 по ГОСТ 8050-85
4	МП	СТ ЦКБА 025-2006			А	150–400	31–33	17–27	280–320	16–20	16–18	Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70	1,6	CO_2 по ГОСТ 8050-85
5	МП	СТ ЦКБА 025-2006			А	150–400	31–33	17–27	280–320	16–20	16–18	Св-08Г2С по ГОСТ 2246-70	1,6	CO_2 по ГОСТ 8050-85

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ5		
Разраб.		Николатов И.А.			Технологические параметры режимов сварки	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Крюков Д.Б.						
Т.контр.		Чугунов С.Н.				Лист	Листов	
Н.контр.		Харин А.В.				Каф. "СЛПиМ" Гр. 21МОС1		
Утв.		Розен А.Е.						

Копировал Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

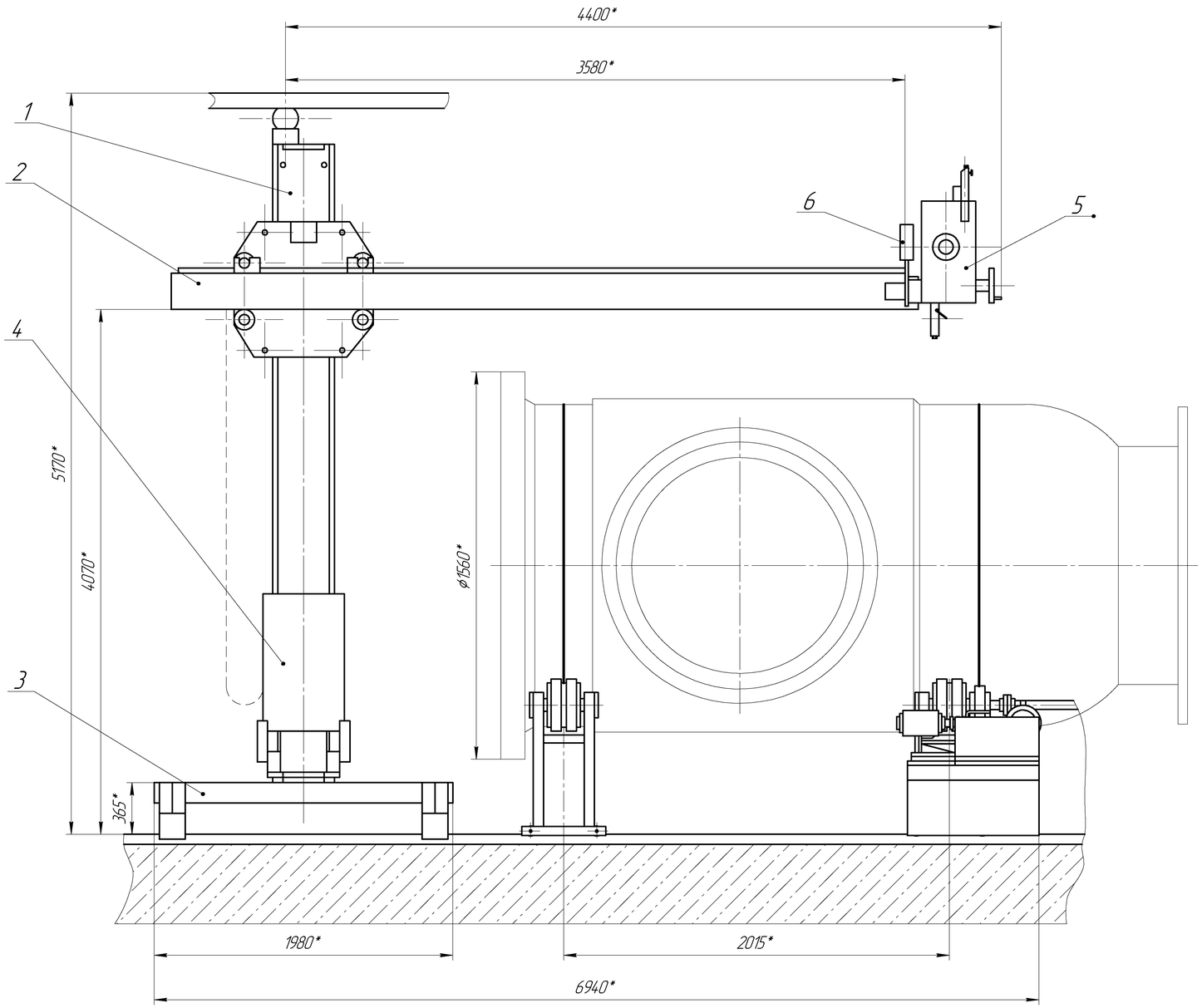
Подп. и дата | Инв. № подл. | Взам. инв. № | Инв. № дубл. | Подп. и дата

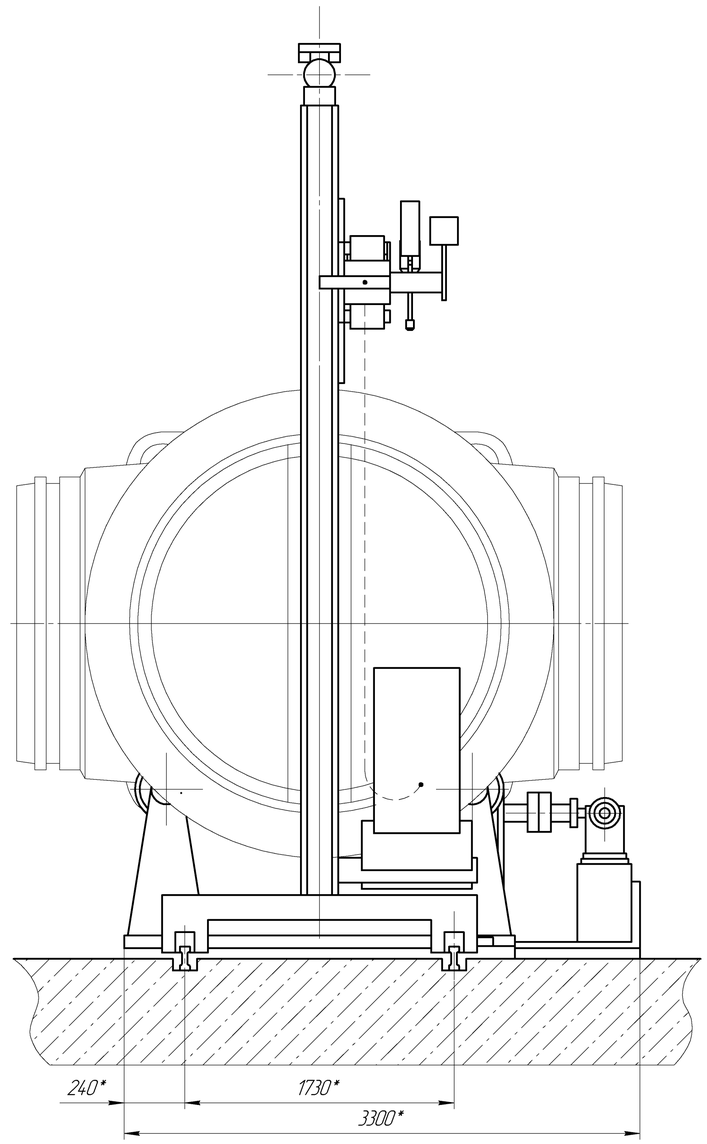
КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024, ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены

Не для коммерческого использования

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ6

Сборочно-сварочное приспособление





Роликовый стенд Т-30М

Масса свариваемых изделий	до 10 тонн
Диаметр свариваемых изделий	300-4000 мм

1 – Колонна
2 – Стрела
3 – Основание
4 – Источник питания
5 – Автоматическая сварочная головка
6 – Блок управления

* Размер для справок

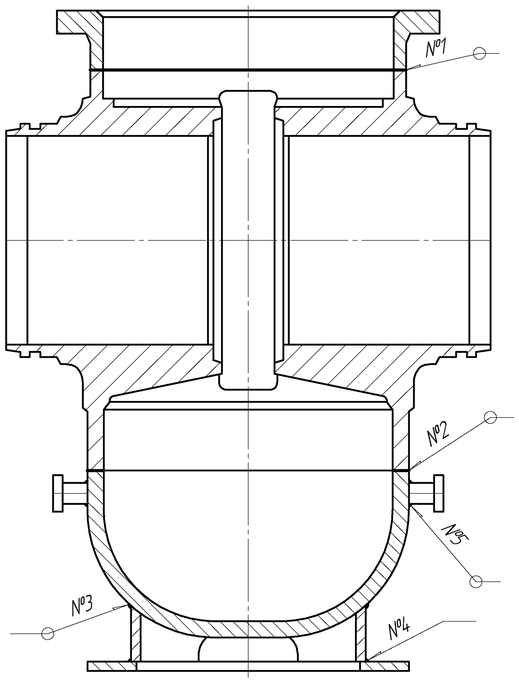
						ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ6	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Николатов И.А.			Сборочно-сварочное приспособление	Лит.	Масса	Масштаб
Пров.		Крюков Д.Б.						1:20
Т.контр.		Казанцев И.А.				Лист	Листов	
Н.контр.		Харин А.В.				Каф. "СПиМ" гр.21МОС1		
Утв.		Розен А.Е.						

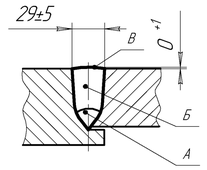
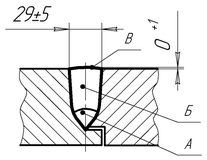
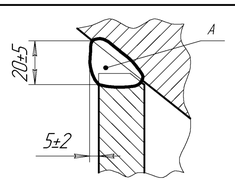
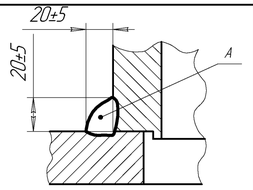
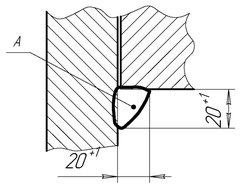
Копировал Формат А1

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. № | Инв. № дубл.
КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024, ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены
Не для коммерческого использования

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ7

Методы контроля сварных швов и КСС



Обозначение шва на чертеже	Порядок наложения шва	Виды контроля сварных швов						
		Неразрушающий контроль				Гидравлические испытания	Механические испытания	Ударный изгиб
		Визуальный и измерительный	РГК, %	УЗК, %	Цветная дефектоскопия			
№1 СТ ЦКБА 025-2006		+	—	+	+	+	+	+
№2 СТ ЦКБА 025-2006		+	—	+	+	+	+	+
№3 СТ ЦКБА 025-2006		+	—	+	+	+	+	+
№4 СТ ЦКБА 025-2006		+	—	+	+	+	+	+
№5 СТ ЦКБА 025-2006		+	—	+	+	+	+	+

						ПГУ.ВКР.15.03.01.21МОС113.ТЧ7			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Методы контроля сварных швов и КСС	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.		Николотов И.А.							
Пров.		Кряков Д.Б.				Лист	Листов		
Т.контр.		Гуськов М.С.							
Н.контр.		Харин А.В.				каф. "СПиМ" гр. 21МОС1			
Утв.		Розен А.Е.							

Копировал

Формат А1

Перв. примен.

Справ. №

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

КОМПАС-3D v23 Учебная версия © 2024 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены

Не для коммерческого использования