

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

Факультет
промышленных технологий,
электроэнергетики и
транспорта
(наименование)

Направление подготовки

Профиль

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

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование)

«Оборудование и технология
сварочного производства»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

«Разработка технологии сборки и сварки корпуса клиновой
задвижки из стали 20»

Студент

 20.06.25
(подпись, дата)

Станчак
Егор Сергеевич
(фио полностью)

Научный руководитель
к.т.н., профессор

 20.06.25
(подпись, дата)

Казанцев И.А.
(фамилия, инициалы)

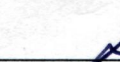
Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

 20.06.25
(подпись, дата)

Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

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

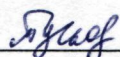
Заведующий кафедрой
д.т.н., профессор

 21.06.25
(подпись, дата)

Розен А.Е.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГЭК от 23.06.2025 № 5)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

 23.06.2025
(подпись, дата)

Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза, 2025

ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

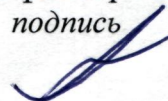
Факультет промышленных технологий, электроэнергетики и транспорта
Кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«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»

Станчаку Егору Сергеевичу.

Научный руководитель работы: к.т.н., профессор Казанцев И.А.

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 клиновой задвижки из стали 20

Тема утверждена приказом ректора ПГУ № 138/с 28 декабря 2024 г.

Техническое задание на работу (назначение изделия, технология сборки и сварки): разработать технологию сборки и сварки корпуса клиновой задвижки из стали 20.

– задвижка применяется в качестве запорной арматуры на трубопроводах газовой и нефтяной промышленности;

– рабочее давление 0,16 МПа;

– температура окружающей среды от минус 45 до плюс 40 °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 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 корпус клиновой задвижки | 1л А1; |
| - Заготовительные операции и материалы | 1л А1; |
| - Технологические параметры режимов сварки | 1л А1; |
| - Схема сборки и сварки корпуса задвижки | 1л А1; |
| - Сварочно – сборочное приспособление | 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., профессор

 Казанцев И.А.

Задание к исполнению принял студент

гр. 21МОС1

 Станчак Е.С.

28 декабря 2024 г.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета промышленных технологий электроэнергетики и транспорта

Политехнического института ПГУ



С.Ю. Киреев

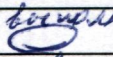
ФГБОУ ВО «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ
И ТРАНСПОРТА
кафедра «Сварочное, литейное производство и материаловедение»

«Утверждаю»
Руководитель ВКР
к.т.н., профессор Казанцев И.А.


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»
Станчаку Егору Сергеевичу
Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки корпуса клиновой
задвижки из стали 20.

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	выполнен 
2. Подбор и изучение рекомендованной литературы.	10.01.25	17.01.25	выполнен 
3. Изучение объекта исследования, постановка цели и задачи работы. Написание введения.	18.01.25	23.01.25	выполнен 
4. Проведение патентного обзора. Выбор основных нормативно-технических документов.	26.01.25	02.02.25	выполнен 
5. Проектирование и расчет элементов конструкции изделия. Оформление соответствующего раздела.	03.02.25	10.02.25	выполнен 
6. Разработка технологии сборки и сварки изделия. Контроль качества сварных соединений. Оформление соответствующих разделов.	17.02.25	20.03.25	выполнен 
7. Завершение оформления пояснительной записки, схем и рисунков.	24.03.25	20.04.25	выполнен 
8. Представление завершенной ВКР нормоконтролеру.	06.05.25	15.05.25	выполнен 

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  Станчак Е.С.
"28" декабря 2024 г.

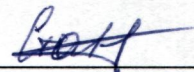
Ректору Пензенского
государственного университета
А.Д. Гулякову
от студента 4 курса Факультета
промышленных технологий,
электроэнергетики и транспорта
Станчака Егора Сергеевича
(фамилия, имя, отчество)

ЗАЯВЛЕНИЕ

Я, Станчак Егор Сергеевич, студент 4 курса ФПТЭТ направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиля подготовки «Оборудование и технология сварочного производства», прошу провести проверку с использованием системы «Антиплагиат» выпускной квалификационной работы на тему: «Разработка технологии сборки и сварки клиновой задвижки из стали 20», выполненной мной самостоятельно, на содержание элементов плагиата.

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

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



(подпись студента)

30.05.2025

(дата)

ВКР представлена на проверку 30.05.2025

Руководитель ВКР


Подпись

Казанцев И.А.
И.О.Фамилия

Протокол

Проверки на оригинальности в системе «Антиплагиат. ВУЗ» выпускной квалификационной работы на тему «Разработка технологии сборки и сварки корпуса клиновой задвижки из стали 20 » студента 4 курса Станчак Егора Сергеевича, направления подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиля подготовки «Оборудование и технология сварочного производства».

Руководитель ВКР: Казанцев Игорь Алексеевич, к. т. н, профессор каф. «Сварочное, литейное производство и материаловедение».

Результат проверки на плагиат бакалаврской работы Станчак Егор Сергеевич составляет 77,59% оригинальности, что соответствует существующим требованиям стандарта СТО ПГУ 3.12-2018. Выпускная квалификационная работа может быть рекомендована к защите.



Отчет предоставлен сервисом
«Антиплагиат» - <http://vuzp.pgu.ru/antiplagiat.ru>



Отчет о проверке

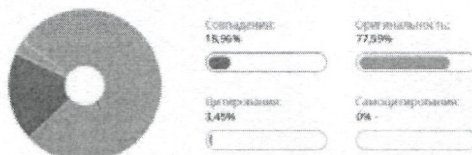
Автор: Казанцев И. А.

Название документа: ВКР, Станчак Е.С.

Проверяющий: Казанцев И. А.

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тюменский государственный университет»

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ



«Совпадения», «цитирование», «Самцитирование», «Оригинальность» являются отдельными показателями, отображаются в процентах и в сумме дают 100%, что соответствует проверенному тексту документа.

- Совпадения** — фрагменты проверенного текста, полностью или частично совпадающие с найденными источниками, за исключением фрагментов, которые система отнесла к цитированию или самцитированию. Показатель «Совпадения» — это доля фрагментов проверенного текста, относящихся к совпадению, в общем объеме текста.
- Самцитирование** — фрагменты проверенного текста, совпадающие или почти совпадающие с фрагментами текста источника, автором или соавтором которого является автор проверенного документа. Показатель «Самцитирование» — это доля фрагментов текста, относимых к самцитированию, в общем объеме текста.
- Цитирование** — фрагменты проверенного текста, которые не являются авторскими, но которые система отнесла к цитированию в соответствии с цитированием, относящимся к фрагментам проверенного текста, относящимся к цитированию, в общем объеме текста.
- Текстовые переписывания** — фрагменты текста проверенного документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментами текста источника.
- Источники** — документ, произведение или источник и/или сведения в порядке текстов, на который приводится ссылка.
- Оригинальный текст** — фрагменты проверенного текста, не обнаруженные ни в единичном источнике, ни в нескольких источниках из одной из категорий поиска. Показатель «Оригинальность» — это доля фрагментов проверенного текста, относящихся к оригинальному тексту, в общем объеме текста.

Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые совпадения проверенного документа с произведенными в системе источниками. При этом система является исключительно инструментом, определяющим сходства и различия текстовых совпадений и цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверенного документа, остается в компетенции проверяющего.

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

Номер документа: 54

Тип документа: Не указано

Дата проверки: 30.05.2025 09:16:09

Дата корректировки: Нет

Комментарий: не указано

Количество страниц: 62

Символов в тексте: 54582

Слов в тексте: 5160

Число предложений: 497

Работу проверил: Казанцев И.А.

Дата подписи:

30.05.2025

ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу студента

Станчака Егора Сергеевича

Тема работы: «Разработка технологии сборки и сварки корпуса клиновой задвижки из стали 20»

Выпускная квалификационная работа Станчака Егора Сергеевича выполнена в соответствии с заданием и содержит графическую часть на 6 листах формата А1, расчетно-пояснительную записку на 94 страницах.

На листах графической части студент приводит общий вид конструкции с техническими требованиями, предъявляемыми к сварной конструкции, чертежи сварных соединений, схему сборки и сварки изделия, таблицу параметров режимов сварки, сборочно-сварочные приспособления, таблицу технологичности сварных соединений, карту контроля сварных соединений.

В расчетно-пояснительной записке, дан анализ объекта производства и характеристика проектируемого изделия, выполнены проективно-прочностные расчеты сварной конструкции, выбрано сборочно-сварочное приспособление. На основе анализа НТД обоснован выбор наиболее рациональных способов сварки, выполнены расчеты технологических параметров и режимов сварки.

Оформление графической части и расчетно-пояснительной записки соответствует требованиям стандартов ЕСКД.

В процессе всего периода обучения Станчак Егор проявил такие качества как ответственность, дисциплинированность и уважительное отношение к профессорско-преподавательскому составу и одногруппникам. Во время обучения Егор закрывал сессию в срок и на стипендию. Преимущественной оценкой была оценка хорошо. Интересовался жизнью факультета и входил в состав студенческого совета самоуправления, планирует продолжить обучение в магистратуре по материаловедению.

За время выполнения выпускной квалификационной работы Станчак Егор Сергеевич проявил себя заинтересованным, технически грамотным специалистом, обладающими знаниями, способным самостоятельно решать поставленные перед ним задачи. Егор отличался целеустремленностью в написании работы и её успешной защите. Считаю, что ВКР может быть допущена к защите в ГЭК, а его автор заслуживает оценки «хорошо» и присвоения квалификации бакалавра по направлению 15.03.01 «Машиностроение» по профилю «Оборудование и технология сварочного производства».

Руководитель работы: к.т.н., профессор



Казанцев И.А.

Аннотация

Выпускная квалификационная работа содержит 94 с., 23 рис., 37 табл., 51 использованных источников, 2 прил., графическая часть из 6 листов формата А1.

СВАРОЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, РАСЧЁТНОЕ ДАВЛЕНИЕ, ТОЛЩИНА СТЕНКИ, РАСЧЁТ НА ПРОЧНОСТЬ, РЕЖИМЫ СВАРКИ, ЗАДВИЖКА, ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ, ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКАЯ СВАРКА, ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ, СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА, ОСНАСТКА

Цель работы – разработка технологии сборки и сварки корпуса задвижки клиновой $DN\ 1400$, $PN\ 0,16$ МПа. В выпускной квалификационной работе были поставлены следующие задачи:

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

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Станчак Е.С.				<i>Разработка технологии сборки и сварки корпуса крана задвижки клиновой DN 1400 из стали 20</i>	Лит.	Лист
Проб.	Казанцев И.А.						2
							94
Н. Контр.	Хорин А.В.					<i>Кафедра «СЛПуМ» группа 21МОС1</i>	
Утв.	Розен А.Е.						

Содержание

Введение.....	3
1 Патентное исследование.....	6
2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и техниче- ские требования	9
3 Обоснование выбора основных материалов конструкции	15
4 Расчет и проектирование сварной конструкции.....	19
5 Выбор способа сварки	32
6 Обоснование выбора сварочных материалов.....	39
7 Расчет параметров режима сварки	47
8 Техника и технология сварки конструкции	64
9 Контроль сварных соединений.....	74
10 Техника безопасности при сварке	81
Заключение	87
Список используемых источников.....	89
Приложение Б Карты технологического процесса сварки	94
Приложение А Графическая часть	110

Введение

Сварка представляет собой высокотехнологичный процесс создания неразъёмного соединения между элементами изделия, осуществляемого за счёт формирования межатомных и межмолекулярных связей в результате нагрева (локального или общего) и/или пластической деформации соединяемых материалов [1]. Становление и развитие современных производственных технологий привело к значительному расширению спектра применяемых методов сварки металлических конструкций. На фоне стремительного технологического прогресса, направленного на повышение качества жизни и совершенствование производственных процессов, сварка остаётся одной из ключевых операций при изготовлении как предметов повседневного пользования, так и сложного промышленного оборудования [2].

Современные тенденции в области машиностроения и промышленного производства диктуют постоянно возрастающие требования к методам соединения материалов, что, в свою очередь, стимулирует интенсивное развитие технологий сварки. В последние годы наблюдается устойчивый рост инновационной активности в данной сфере согласно данным патентных ведомств ведущих индустриально развитых государств, ежемесячно регистрируется свыше 200 новых изобретений, касающихся способов сварки и усовершенствования сварочного оборудования. Это свидетельствует о высокой динамике научно-технического прогресса в области сварочных технологий и их значимости для современной экономики [3].

Металлические конструкции, обладая высокими технико-экономическими характеристиками, находят широкое применение практически во всех отраслях промышленности. Их использование в строительстве предоставляет значительные преимущества, в частности возможность проектирования сборных элементов зданий и сооружений сравнительно небольшой массы. Это, в свою очередь, способствует организации поточного производства на промышленных предприятиях и эффективной реализации поточно-блочного монтажа

непосредственно на строительной площадке, что значительно ускоряет ввод объектов в эксплуатацию.

Каждый элемент конструкции, как и само сооружение в целом, должен соответствовать комплексу эксплуатационных требований, включающих показатели прочности, устойчивости, жёсткости, долговечности, ремонтпригодности и ряда других критериев. Сложность процесса проектирования обусловлена тем, что существующая научная и нормативная база в области расчёта силового сопротивления конструкций опирается преимущественно не на принципы синтеза новых форм, а на методы поверочных расчётов отдельных элементов с фиксированными геометрическими параметрами, идеализированными схемами работы, стандартными характеристиками материалов и заданными условиями нагружения. Такой подход ограничивает возможности проектировщика в разработке конструкций, оптимально адаптированных под реальные эксплуатационные условия.

При решении задач проектирования сварных металлических конструкций целесообразно применять их классификацию в зависимости от характерных особенностей работы под нагрузкой. В рамках данной классификации выделяются следующие основные типы сварных конструкций и их элементов [4]:

- балки;
- колонны;
- решетчатые конструкции;
- оболочковые конструкции;
- корпусные транспортные конструкции;
- детали машин и приборов.

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена проектированию элементов корпуса задвижки клиновой сварной с выдвижным шпинделем диаметром $DN\ 1400$. В рамках исследования разрабатывается технологический процесс сборки и сварки корпуса задвижки, а также предлагаются наиболее рациональные виды сварки, направленные на обеспечение прочности, надёжности и производственной эффективности изготавливаемой конструкции.

1 Патентное исследование

Патентное исследование – это комплекс мероприятий, направленных на изучение объектов интеллектуальной собственности, их технического уровня, патентоспособности, способности конкурировать на рынке.

В данном патентном исследовании рассматривается, технологический процесс сборки и сварки в заводских условиях корпуса задвижки клиновой штампо-сварной из стали 20.

Патентное исследование подразделяется на несколько этапов:

- составляется задание;
- разрабатывается регламент поиска;
- обосновывается индекс международной патентной классификации;
- систематизируется и анализируется отобранная информация;
- обобщаются результаты;
- разрабатываются рекомендации;
- составляется отчёт.

Целью данного патентного исследования является исследование технического уровня и тенденции развития оборудования для сварки корпуса задвижки клиновой штамповарной из стали 20. В частности, рассматриваются различные приспособления и полезные модели для механизированной сварки в среде защитных газов. Регламент поиска состоит из:

- определения вида поиска;
- его глубины или ретроспективности (количества лет);
- также в регламенте поиска указывается перечень стран ограничивающие объём поиска, выбираются источники информации, по которым будет вестись поиск аналогов объекта, а также индекс МПК.

Дата составления регламента – 25.04.2025.

Завершение поиска – 15.05.2025

Страна поиска – Россия.

Ретроспективность 10 лет

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Регламент указан в таблице 1

Таблица 1 – Регламент поиска

Предмет поиска	Индекс МПК	Широта поиска	Глубина поиска	Источники информации
Способ ручной сварки	B23K 9/095	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Способ механизированной дуговой сварки плавящейся сварочной проволокой	B23K 9/022	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Устройство для подачи сварочной проволоки	B23K 9/12	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС

В ходе патентного исследования было выявлено несколько объектов изобретений, подходящих под направление поиска:

- а) B23K 9/032 – переносное устройство для подачи сварочной проволоки;
- б) B23K 9/12 – автоматическая установка скорости подачи проволоки и её контроль в сварочном полуавтомате;
- в) B23K 9/095 – Способ ручной сварки;
- г) B23K 9/022 – Способ механизированной дуговой сварки плавящейся сварочной проволокой;

Результаты патентного исследования с описанием изобретений представлены в таблице 2.

Анализируя полученные в ходе патентного исследования результаты, можно сделать вывод, что с каждым днём предлагаются всё новые виды приспособлений для сварочного производства, которые служат для увеличения качества сварных соединений, а также для снижения затрат времени на производство сварных конструкций путём введения новых более удобных видов горе-

лок и прочего оборудования

Таблица 2 – Результаты патентного исследования

Предмет поиска	Номер документа, индекс МПК	Авторы, номер заявки, дата публикации	Название изобретения
1	2	3	4
Приспособление для электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	Россия, <i>RU</i> 202866 <i>U1</i> , <i>B23K</i> 9/32	Павлов О.С., № 2020132557, 02.10.2020	«Переносное устройство для подачи сварочной проволоки»[8]
Приспособление для ручной электродуговой сварки плавящимся электродом	<i>RU</i> 2023556 <i>C1</i> ; <i>B23K</i> 9/12	Волхов Н.В., 2017130254, 19.03.2019	«Автоматическая установка скорости подачи проволоки и её контроль в сварочном полуавтомате»[6]
Способ электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	<i>RU</i> 2014148527А; <i>B23K</i> 9/095	Ернстрем Петтери; Тииликка Веса; Мяки Маркку; Вейкколайнен Микко. № 2014148527; 20.07.2014	«Способ ручной сварки»[7]
Способ электродуговой сварки с использованием защитных газов и плавящегося электрода	<i>RU</i> 2016146949 А; <i>B23K</i> 9/022	Стрельников И.В. № 2016146949; 29.11.2016	«Способ механизированной дуговой сварки плавящейся сварочной проволокой»[5]

2 Анализ объекта производства. Назначение конструкции и технические требования

Объектом проектирования в настоящей работе является клиновая задвижка с выдвижным шпинделем номинальным диаметром $DN\ 1400$ смотреть рисунок 1. Данное устройство относится к классу запорной трубопроводной арматуры и предназначено для перекрытия или регулирования потока рабочей среды в трубопроводных системах большого диаметра.

Клиновые задвижки широко используются в технологических линиях, транспортирующих воздух, а также другие газообразные среды, не относящиеся к категории взрывоопасных, пожароопасных или токсичных веществ. Благодаря своей конструктивной простоте, надёжности в эксплуатации и способности обеспечивать полное перекрытие потока без значительных гидравлических потерь, такие задвижки находят применение в различных отраслях промышленности. В частности, их устанавливают на вентиляционных системах, в пневмотранспортных установках, на воздухопроводах энергетических объектов и в инженерных системах промышленных предприятий.

Следует отметить, что выбор данного типа арматуры обусловлен не только её функциональными характеристиками, но и высокими требованиями к эксплуатационной надёжности, минимизации потерь давления в трубопроводе и обеспечению длительного срока службы без необходимости частого технического обслуживания. В процессе проектирования особое внимание уделяется вопросам прочности конструкции корпуса, качества сварных соединений, а также соответствия изделия действующим нормативным документам в области промышленной безопасности и стандартизации.

Одной из характерных эксплуатационных проблем сварных корпусов запорной арматуры является их недостаточная жёсткость. Несмотря на предусмотренные конструктивные меры, такие как установка ребер жёсткости, корпус подвержен деформациям под действием избыточного давления рабочей среды.

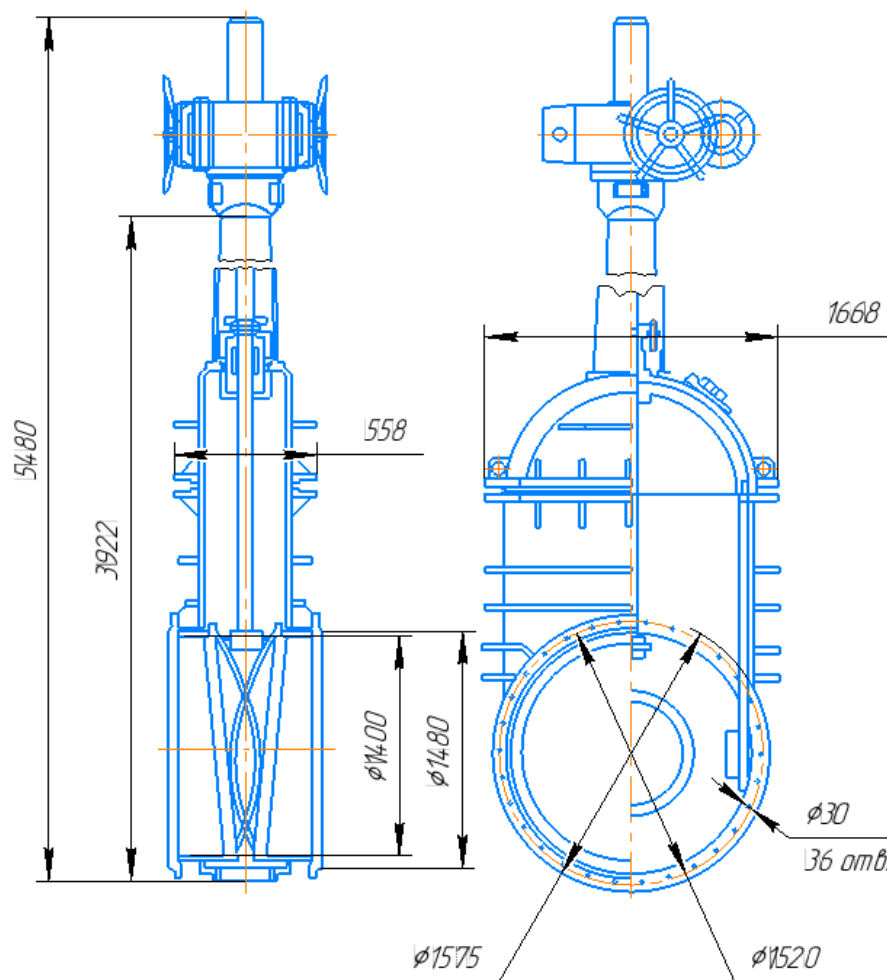


Рисунок 1 – Задвижка клиновая штамповарная DN 1400:

Это обстоятельство особенно актуально для изделий, предназначенных для эксплуатации в условиях высоких нагрузок и ответственных технологических процессов, где малейшее нарушение геометрии может привести к снижению герметичности или отказу оборудования.

С учётом высокой степени ответственности, присущей конструкциям запорной арматуры, изделия арматуростроения должны удовлетворять строгим требованиям к качеству исполнения сварных соединений. Особое внимание уделяется обеспечению нормативных параметров сварных швов, точному соблюдению технологических размеров, а также выполнению всех регламентированных требований по прочности и надёжности соединений. Нарушение технологии сварки может повлечь за собой снижение эксплуатационной надёжности, возникновение скрытых дефектов и, как следствие, угрозу промышленной безопасности.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

9

Вся продукция данного типа обязана соответствовать положениям Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, в частности документу ФНП ОРПД № 536 [11] «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Этот нормативный акт устанавливает требования к проектированию, изготовлению, монтажу, эксплуатации и ремонту оборудования, предназначенного для работы в условиях давления, превышающего атмосферное.

Кроме того, при разработке и изготовлении сварных конструкций запорной арматуры необходимо строгое соблюдение государственных стандартов (ГОСТ):

- ГОСТ 5762–2002 «Арматура трубопроводная. Задвижки на номинальное давление не более $P_N 250$ » [15];
- ГОСТ 9544-2015 «Арматура трубопроводная Нормы герметичности затворов»[18];
- ГОСТ 9698–86 «Задвижки. Основные параметры» [16];
- ГОСТ 3706–93 «Задвижки. Строительные длины» [17];
- ГОСТ 356-80 «Давления условные, Пробные и рабочие» [32];
- ГОСТ 4666-2015 «Арматура трубопроводная Требования к маркировке и отличительной окраске»;
- ГОСТ 12.2.063-2015 «Арматура трубопроводная Общие требования безопасности»;
- 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].

Данные конструкции должны соответствовать требованиям конструкторского бюро арматуростроения (СТ ЦКБА):

- СТ ЦКБА 003–2003 «Арматура трубопроводная. Корпуса и крыш-

ки. Нормирование статической прочности» [13];

- СТ ЦКБА 010–2004 «Арматура трубопроводная. Поковки, штамповки заготовки из проката. Технические требования» [14];
- СТ ЦКБА 025–2006 «Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений. Технические требования» [37];
- СТ ЦКБА 036–2017 «Арматура трубопроводная. Таблицы фигур и условные обозначения» [12].

Данные конструкции должны соответствовать требованиям технических условий (ТУ);

- ТУ 26–07–1137–00 «Задвижки клиновые стальные штампосварные с выдвижным шпинделем» [19].

По ГОСТ 5762–2002 [15] арматура должна соответствовать требованиям настоящего стандарта, конструкторской документации и технических условий, стандартам организации и требованиям заказчика.

Согласно ГОСТ 5762–2002 [15] задвижки должны быть герметичны относительно окружающей среды. Данный норматив для выбора класса герметичности ссылается на ГОСТ 9544–2015 [18].

Согласно данному нормативу класс герметичности для данной конструкции – «А».

Учитывая, что установка клиновой задвижки будет выполняться наземным способом при рабочей температуре среды от минус 45 до плюс 40 °С, ГОСТ 5762–2002 [15] при выборе климатического исполнения ссылается на ГОСТ 15150–1969 [10]. Данный нормативный документ, при заданных условиях эксплуатации, указывает на климатическое исполнение «У».

Характерной конструктивной особенностью штампосварных задвижек по ТУ 26–07–1137–00 [19] является плоский корпус, изготовленный из толстолистовой стали. Для повышения жесткости корпуса на его внешней поверхности предусмотрены дополнительные ребра.

Маркировка и отличительные знаки запорной арматуры – по ГОСТ 4666 – 2015.

Согласно данному нормативу обязательные знаки маркировки включают в себя следующее: товарный знак и (или) наименование изготовителя, значение номинального давления P_N (без указания размерности) или рабочего давления (P_p) при максимальной температуре рабочей среды, или расчетного давления (P), значение номинального диаметра (DN), значение максимальной температуры рабочей среды для арматуры, у которой имеется маркировка P_p , или для ограничения температуры по материалам отдельных деталей, материал корпуса, стрелку, указывающую направление подачи рабочей среды для арматуры с регламентированным направлением подачи рабочей среды, дата изготовления (месяц и год).

В соответствии с положениями государственного стандарта ГОСТ 12.2.063–2015, транспортирование и хранение запорной арматуры, а также её узлов и составных деталей должны осуществляться с обязательным соблюдением всех требований безопасности, установленных разработчиком изделия в технических условиях, а также с учётом особенностей принятых технологических процессов и условий транспортировки и складирования.

Одним из приоритетных требований является обеспечение надёжной защиты персонала от возможного воздействия опасных веществ и материалов, используемых для консервации и упаковки арматуры. Применяемые средства защиты изделий не должны оказывать негативного влияния на их надёжность, герметичность и общую безопасность в процессе дальнейшей эксплуатации. Особое внимание уделяется выбору упаковочных материалов, которые должны быть химически нейтральными по отношению к элементам конструкции и обеспечивать их сохранность при различных климатических и механических воздействиях.

Транспортирование запорной арматуры должно осуществляться в строгом соответствии с требованиями стандартов и технических условий, разработанных для конкретных типов и модификаций изделий. При этом должны соблюдаться правила перевозки, действующие на соответствующих видах транспорта (железнодорожном, автомобильном, водном и др.), включая требования к

креплению, укладке и защите оборудования от механических повреждений, атмосферных осадков и загрязнений.

Операции по погрузке, разгрузке, транспортированию и складированию арматуры допускается поручать только специально обученному и аттестованному персоналу, прошедшему инструктаж по технике безопасности и охране труда. Все работы должны выполняться с применением соответствующих средств механизации и индивидуальной защиты, что минимизирует риск травматизма и повреждения транспортируемых изделий.

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>13</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

3. Обоснование выбора основных материалов сварной конструкции

При выборе материалов для изготовления основных деталей трубопроводной арматуры должны учитываться заданные условия эксплуатации:

- расчетное давление;
- температура стенки (минимальная отрицательная и максимальная расчетная);
- химический состав и свойства рабочей среды (агрессивность, взрывоопасность, наличие примесей, приводящих к эрозионному износу);
- в жидкой среде сочетание параметров (давления, температуры и скорости потока), приводящее к кавитационному разрушению.

Материал для изготовления штампосварной задвижки $DN\ 1400$ с выдвижным шпинделем, предназначенной для работы в неагрессивных средах с температурой рабочей среды до плюс $300\ ^\circ\text{C}$, выбирается по ГОСТ 33260 – 2015 [22].

Согласно данному нормативу выбирается материал для изготовления корпуса, крышки, клина, маховика, шпинделя.

Вышеперечисленные детали изготавливаются из листового проката согласно требованиям ГОСТ 1577–93 [23]. Механические свойства проката в нормализованном состоянии представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Механические свойства проката из стали 20

Толщина, мм	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, Н/мм ² , не менее	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , % не менее	
			Вдоль	Поперек
			Направление прокатки	
До 100	230,0	400,0...500,0	27,0	25,0

Для изготовления корпуса, крышки, маховика и клина выбирается сталь 20, которая после сварки подвергается термообработке (низкий отпуск при $200\ ^\circ\text{C}$).

Согласно ГОСТ 1050–2013 [24] химический состав стали 20 по кошевой пробе должен соответствовать данным, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав стали 20 по ковшевой пробе

Химические элементы	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%	Cr,%	Ni,%	Cu,%
значения	0,17...0,24	0,17...0,37	0,35...0,65	Не более 0,03	Не более 0,035	Не более 0,3	Не более 0,25	Не более 0,3

Сталь 20 должна иметь механические свойства, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Механические свойства стали 20

Параметры	Предел текучести σ_T , МПа	Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Относительное удлинение δ_5 , %	Относительное сужение ψ , %
Значения	245,0	410,0	25,0	55,0

Для изготовления фланца по ГОСТ 33260–2015 [2 2] выбирается материал Ст 3сп. Фланец изготавливается из сортового проката по ГОСТ 1050-2013 [24]. Механические свойства проката при растяжении, а также условия испытаний на изгиб в холодном состоянии должны соответствовать нормам, приведенным в таблице 6. Ударная вязкость проката должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 7.

Таблица 6 - Механические свойства проката из Ст 3сп при растяжении

Временное сопротивление σ_B , Н/мм ²	Предел текучести σ_T , МПа, для проката толщин, мм	Относительное удлинение δ , % для проката толщин, мм	Изгиб до параллельности сторон (a - толщина образца, d - диаметр оправки), для проката толщин, мм
	св. 20,0 до 40,0	св. 20,0 до 40,0	св. 20,0
370,0...480,0	240	25,0	$d=2a$

Ударная вязкость проката должна соответствовать нормам, приведенным в таблице 7.

Таблица 7 - Ударная вязкость проката из Ст 3сп

Толщина проката, мм	Ударная вязкость, Дж/см ² , не менее						
	KCU				KCV		
	Тип об- разца по ГОСТ 9454-78	Темпера- тура, °C		После ме- ханиче- ского ста- рения	Тип об- разца по ГОСТ 9454-78	Температура, °C	
		+ 20	- 20			+ 20	- 20
Св. 26,0 до 40,0	1	88	-	-	-	-	-

Химический состав по ГОСТ 380–2005 [28] Ст 3сп по анализу ковшевой пробы должен соответствовать нормам, указанным в таблице 8.

Таблица 8 – Химический состав Ст 3сп по ковшевой пробе

Химические элементы	C, %	Mn	Si
значения	0,14-0,22	0,40-0,65	0,15-0,30

Для изготовления шпинделя согласно ГОСТ 33260–2015 [22] выбирается коррозионностойкая сталь 20Х13. Химический состав данной марки стали согласно ГОСТ 5632–2014 [28] по анализу ковшевой пробы должны соответствовать данным приведенным в таблице 9.

Таблица 9 – Химический состав 20Х13

Химические элементы	C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	S, %	P, %
значения	0,16...0,25	не более 0,8	не более 0,8	12...14	0,025	0,03

Простейшая 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) определяется по формуле 1 согласно ГОСТ 33260–2015 [22]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Cu+Ni}{15} \quad (1)$$

где $C_{\text{эКВ}}$ – углеродный эквивалент;

C, Mn, Cr, Mo, V, Ti, Nb, Cu, Ni – содержание от массы в составе металла

стали углерода, марганца, хрома, молибдена, ванадия, титана, ниобия, меди и никеля соответственно, %.

Величина эквивалента углерода низкоуглеродистых марок стали и низколегированной стали, только с кремнемарганцевой системой легирования, рассчитывается по формуле из ГОСТ 33260–2015 [22]:

$$C_{уэ} = C + \frac{Mn}{6} \quad (2)$$

где $C_{уэ}$ – углеродный эквивалент;

C, Mn – содержание в процентах от массы в составе металла стали углерода, марганца соответственно.

В последнем случае медь, никель и хром, содержащиеся в сталях как примеси, при подсчете не учитываются.

Для стали 20 углеродный эквивалент, определенный по формуле 2 составляет 0,25–0,3, что позволяет считать эти стали свариваемыми без ограничений. При этом для сварки могут применяться такие способы, как ручная дуговая покрытыми электродами, механизированная и автоматическая сварка в защитном газе и т.д.

При этом при сварке изделий при положительной температуре воздуха предварительный и сопутствующий подогревы не требуются.

4. Расчет и проектирование сварной конструкции

Согласно СТ ЦКБА 036–2017 [12] задвижка клиновая штампованная с выдвижным шпинделем $DN\ 1400$ имеет обозначение ПТ 13004 и таблицу фигур 30с914нж (30с514нж).

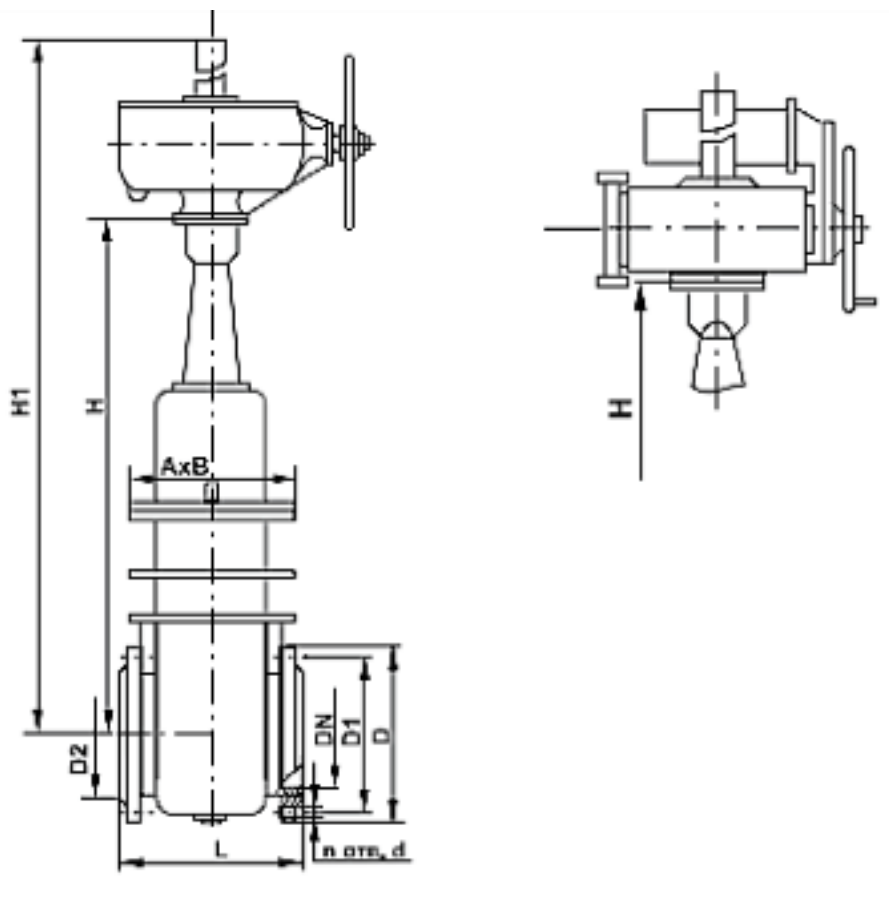


Рисунок 2 – Схема назначения размеров на задвижку $DN\ 1400$

Согласно ГОСТ 5762–2002 [15] назначается минимальный диаметр проходного сечения седел полнопроходной задвижки $DN\ 1400$.

Минимальный диаметр проходного сечения седел полнопроходной задвижки представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Минимальный диаметр проходного сечения седел полнопроходной задвижки

Номинальный диаметр DN	Минимальный диаметр проходного сечения седел полнопроходной задвижки, мм
	до $PN\ 25$
1400	1380

Строительная длина L при номинальном давлении PN назначается исходя

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

18

из требований ГОСТ 3706–93[17].

Таблица 11 – Строительная длина L при номинальном давлении PN

Номинальный диаметр DN	Строительная длина L при номинальном давлении PN , МПа
	до 0,4
1400,0	900,0

Основные размеры клиновой задвижки по рисунку 2 приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные размеры задвижки

1575	D	Размеры, мм
1520	D_1	
1480	D_2	
36	n	
30	d	
-	D_0	
558	A	
1668	B	
710	L	
3922	H	
5480	H_1	

Согласно ГОСТ 33259-2015 [29] назначаются размеры на плоский приварной фланец рис. 3. Основные размеры фланца представлены в таблице 13.

Таблица 13 - Основные размеры фланца

DN , мм	PN , МПа	d_s , мм	b , мм	C_1 , мм	D , мм	D_1 , мм	d , мм	n	Номинальный диаметр болтов или шпилек
1400,0	0,16	1020,0	36,0	10,0	1175,0	1120,0	30,0	28,0	M27

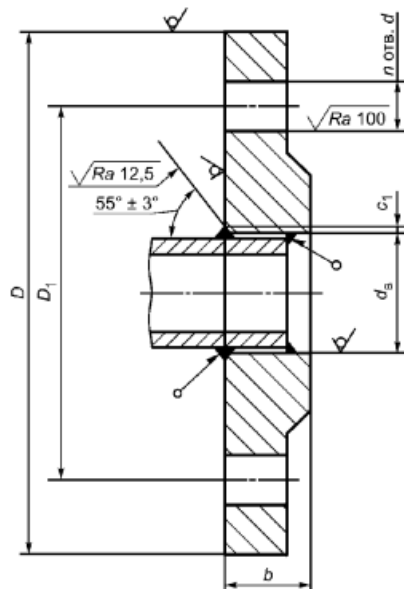


Рисунок 3 – Основные размеры плоского фланца

Расчёт конструкции на прочность производится согласно требованиям НД: РД 10–249–98 [30], СТ ЦКБА 003–2003 [13] и ГОСТ 14249–89 [31].

Так как в данной выпускной квалификационной работе не предполагается тепловой расчёт конструкции, то за расчётную температуру принимаем максимальную температуру рабочей среды $t = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Номинальное давление принимаем $P = 0,16\text{ МПа}$.

Исходя из требований ГОСТ 356–80 [32], рабочее давление принимаем равным $P_{\text{раб}} = 0,16\text{ МПа}$.

Исходя из требований ГОСТ 356–80 [32], пробное давление принимаем равным $P_{\text{пр}} = 0,24\text{ МПа}$.

Согласно РД 10–249–98 [30] расчётное давление принимаем равным рабочему давлению $P_p = P_{\text{раб}} = 0,16\text{ МПа}$.

Исходя из требований СТ ЦКБА 003–2003 [13], рассчитаем допускаемые напряжения $[\sigma]$ для стали 20 для заданного сортамента при $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ по формуле 3 [п. 3.2.6.]:

$$[\sigma] = \min\left(\frac{R_{p0,2}}{n_{0,2}}; \frac{R_m}{n_m}\right) \quad (3)$$

где $R_{p0,2}$ – коэффициент запаса прочности по пределу текучести, МПа

$n_{0,2}$ – коэффициент запаса прочности по пределу текучести;

R_m – коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению, МПа;

n_m – коэффициент запаса прочности по временному сопротивлению.

Принимаем

$$n_m = 2,6;$$

$$R_{p0,2} = 157 \text{ МПа};$$

$$R_m = 333 \text{ МПа};$$

$$n_{0,2} = 1,5$$

Подставляя все значения в формулу 3.

$$[\sigma] = \min\left(\frac{157}{1,5}; \frac{333}{2,6}\right) \text{ МПа}$$

Произведем расчет патрубка на прочность. Схема патрубка представлена на рисунке 4.

Толщина стенки патрубка назначается исходя из уже известных размеров на приварной фланец, а также исходя из условия $S_1 \geq 0,5S$

СТ ЦКБА 003–2003 [13] регламентирует при расчёте толщины стенки патрубка использовать ГОСТ 14249–89 [31].

Номинальная толщина стенки патрубка S в соответствии с ГОСТ 14249–89 [31] должна удовлетворять следующему условию:

$$S \geq S_R + C \quad (4)$$

где S_R – расчетная цилиндрических элементов

C – прибавка к расчетной толщине, мм. Определяется по формуле 5.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (5)$$

где C_1 – прибавка для компенсации коррозии и эрозии, мм;

C_2 – прибавка для компенсации минусового допуска, мм;

C_3 – прибавка технологическая, мм.

Прибавка для компенсации коррозии и эрозии рассчитывается по формуле 6:

$$C_1 = P \cdot \tau + C_9 \quad (6)$$

где P – скорость проникновения коррозии, мм/год;

τ – срок службы аппарата, лет;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

21

C_3 – прибавка для компенсации эрозии, мм.

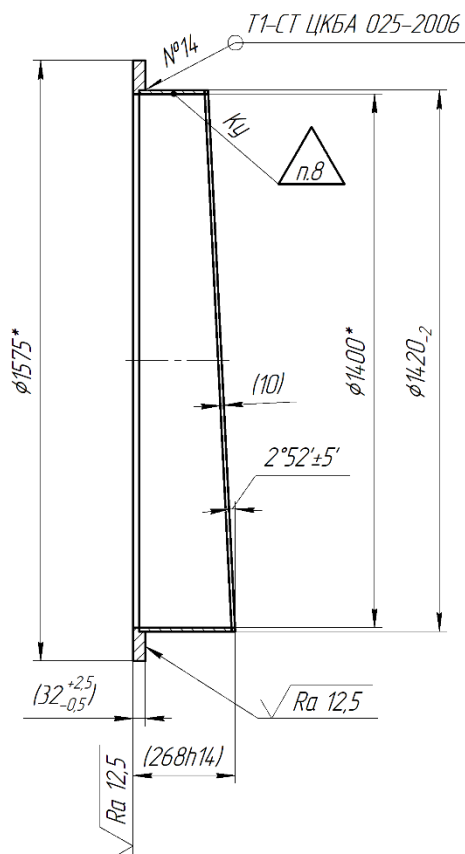


Рисунок 4 – Схема патрубка

Максимально допустимая скорость коррозии $\Pi = 0,3$ мм/год, расчетный срокслужбы аппарата $\tau = 10$ лет. В дипломном проектировании $C_3 = 0$ мм.

Подставляем значения в формулу 6:

$$C_1 = 0,3 \cdot 10 + 0 = 3 \text{ мм}$$

Исходя из требований ГОСТ 14249 – 89 [31] толщину стенки патрубка S следует рассчитывать по формуле 4, где расчётная толщина стенки S_R рассчитывается по формуле 7:

$$S_R = \frac{P \cdot D_y}{2[\sigma] \cdot \varphi - P} \quad (7)$$

где P – расчетное внутреннее давление;

D_y – условный проход (мм);

$[\sigma]$ – допускаемые напряжения для стали 09Г2С при рабочей температуре (МПа);

φ – коэффициент прочности сварных швов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

22

Подставляем известные значения в формулу 7

$$S_R = \frac{0,16 \cdot 1400}{2 \cdot 104,66 \cdot 0,8 - 0,16} = 1,33 \text{ мм}$$

Определяем исполнительную толщину стенки патрубка S с учетом прибавки минусовой допуск $C_2 = 1,1$ мм для листа толщиной 15 мм согласно ГОСТ 19903–2015 [33]:

$$S \geq 1,33 + 3 + 1,11 = 5,43$$

В соответствии с ГОСТ 19903–2015 [33] и условием $S_1 \geq 0,5S$ принимаем исполнительную толщину стенки патрубка равной $S = 11$ мм.

Проверяем необходимость учета прибавки для компенсации минусового допуска C_2 стального листа толщиной $S = 11$ мм:

$$C_2 < 1,1 \cdot 0,05S = 0,605 \text{ мм}$$

Прибавку учитываем, так как она составляет более 5 % от толщины листа.

Проверим условия применимости формулы 7:

$$\frac{S - c}{D} \leq 0,1$$
$$0,0109 \leq 0,1$$

Условия выполняются.

Исходя из требований ГОСТ 14249–89 [31] рассчитаем допускаемое внутреннее давление $[P]$ по формуле (8):

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi \cdot (S - c)}{D + S - c} \quad (8)$$

Подставляя значения в формулу 8, получим:

$$[p] = \frac{2 \cdot 104,66 \cdot 0,8 \cdot (11 - 4,1)}{1400 + 11 - 4,1} = 0,8 \text{ МПа}$$

$$P = 0,3 \text{ МПа} < [p] = 0,8 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Произведем расчет на прочность плоского отбортованного днища. Плоское отбортованное днище имеет размеры: $D=380$ мм, $r=5$ мм, $d=70$ мм.

При вычислении толщины стенки плоского днища СТ ЦКБА 003–2003 [13] регламентирует использование нормативного документа РД 10–249–98[30].

					ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Схема днища представлена на рисунке 5.

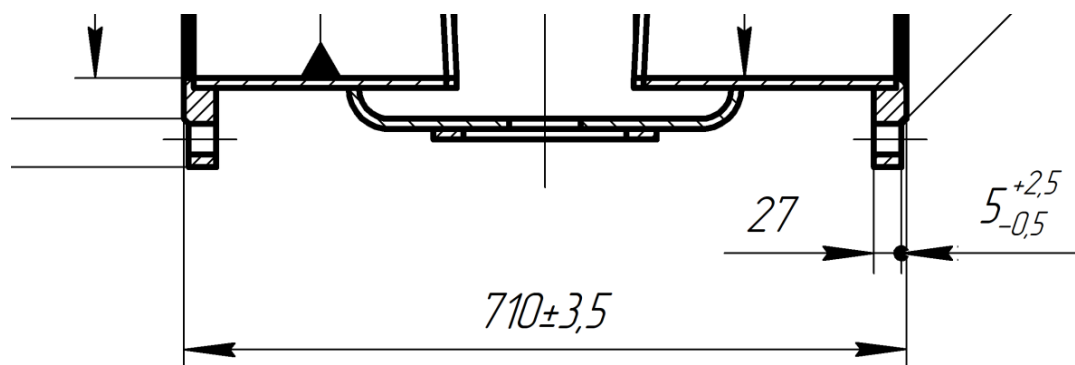


Рисунок 5 – Схема днища

Номинальная толщина стенки днищ плоской формы S в соответствии с нормативным документом РД 10–249–98 [30] должна быть не менее определенной по формуле 9:

$$S \geq S_R + c \quad (9)$$

где S_R – расчетная толщина стенки, мм.

Определяется по формуле 10;

C – прибавка к расчетной толщине, равная 4,1 мм.

Исходя из требований РД 10–249–98 [30], при расчете по внутреннему диаметру номинальная толщина стенки S_R вычисляется по формуле 10:

$$S_R = \frac{K(D-c)}{K_0} \sqrt{\frac{P}{[\sigma]\varphi}} \quad (10)$$

где P – расчётное давление, МПа;

D – диаметр днища, мм;

φ – коэффициент прочности сварных швов ($\varphi = 0,8$);

$[\sigma]$ – допускаемые напряжения;

K – коэффициент, равный 0,35;

K_0 – коэффициент, определяемый по формуле 11.

$$K_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{d}{D} + \left(\frac{d}{D}\right)^2}} \quad (11)$$

Подставляя значения в формулу 11, рассчитаем коэффициент K_0 :

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

24

$$K_0 = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{70}{380} + \left(\frac{70}{380}\right)^2}} = 0,906$$

Подставляя значения в формулу 10, получаем:

$$S_R = \frac{0,35 \cdot (380 - 5)}{0,906} \sqrt{\frac{0,3}{104,66 \cdot 0,8}} = 8,67 \text{ мм}$$

Определяем исполнительную толщину стенки плоского отбортованного днища S с учетом прибавки на минусовой допуск $C_2 = 1,1$ мм для листа толщиной 15 мм по ГОСТ 19903–2015 [33]:

$$S \geq 8,67 + 1,1 = 12,77 \text{ мм}$$

В соответствии с ГОСТ 19903–2015 [33] принимаем исполнительную толщину стенки днища равной $S = 15$ мм.

Проверяем необходимость учета прибавки для компенсации минусового допуска стального C_2 листа толщиной $S=15$ мм:

$$C_2 < 1,1 \cdot 0,05S = 0,825 \text{ мм}$$

Прибавку учитываем, так как она составляет более 5 % от толщины листа. Допустимое рабочее давление $[P]$ при расчетах изготовленных плоских отбортованных днищ согласно РД 10–249–98 [30] должно быть не менее определенного по формуле:

$$[p] = \left(\frac{K_0}{K} \cdot \frac{(S-c)}{D} \right)^2 \varphi[\sigma] \quad (12)$$

Подставляя значения в формулу 12, получим:

$$[p] = \left(\frac{0,906}{0,35} \cdot \frac{(15 - 4,1)}{380} \right)^2 0,8 \cdot 104,66 = 0,46 \text{ МПа}$$

$$P = 0,3 \text{ МПа} < [p] = 0,46 \text{ МПа}$$

Условие прочности выполняется.

Выбор сварных соединений и способов сварки производим по СТ ЦКБА 025-2006 [37].

Сварное соединение №1 предназначено для приварки двух полукорпусов. Данный шов имеет стыковое соединение С17 рисунок 6. По СТ ЦКБА 025-2006 [37] выполняется механизированной сваркой в среде защитных газов.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

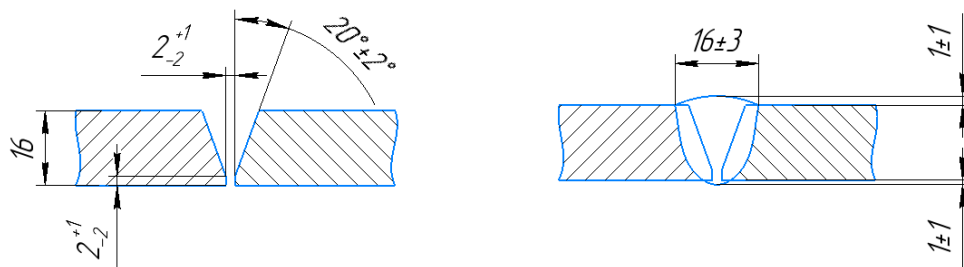


Рисунок 6 – Конструктивные элементы сварного соединения С17

Данное сварное соединение имеет следующие параметры: $S = 16$ мм, $b = 2_{-2}^{+1}$ мм, $c = 2_{-2}^{+1}$ мм, $e = 16 \pm 3$ мм, $g = 1_{-1}^{+1}$ мм, $\alpha = 20 \pm 2^\circ$.

Проверка на прочность будет проводиться по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq [\sigma]$$

Длина сварного шва №1:

$$L_{\text{ш}} = 1051 \text{ мм}$$

Рассчитаем площадь поверхности верхней части корпуса по формуле:

$$S = 2 \cdot \left(LH - \frac{\pi R^2}{2} \right) + 2 \cdot AH + \pi R_1^2$$

где $L=1190$ мм, $H=1051$ мм, $R=516$ мм, $R_1=55$ мм, $A=336$ мм.

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$S = 2381106,66 \text{ мм}^2$$

Рассчитаем продольную нагрузку по формуле:

$$N = P \cdot S$$

$$N = 0,6 \cdot 2381106,66 = 1428664 \text{ Н}$$

Рассчитаем площадь поперечного сечения шва по формуле:

$$F = l_{\text{ш}} \cdot \delta$$

$$F = 1051 \cdot 16 = 16816 \text{ мм}^2$$

Подставляя полученные значения в формулу, получим:

$$\sigma = \frac{1428664}{16816} = 84,96 \text{ МПа} \leq 104,66 \text{ МПа}$$

Неравенство выполняется, сварное соединение работоспособно.

Сварное соединение №2 предназначено для приварки днища к корпусу.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

26

Данный шов имеет стыковое соединение С17 рисунок 7. По СТ ЦКБА 025-2006 [37] выполняется механизированной сваркой в среде защитных газов.

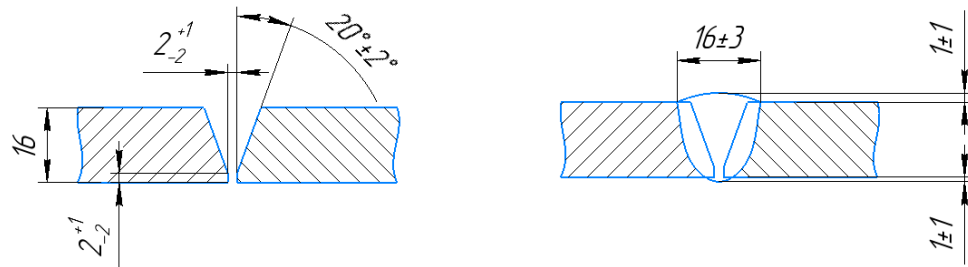


Рисунок 7 – Конструктивные элементы сварного соединения С17

Данное сварное соединение имеет следующие параметры: $S = 16$ мм, $b = 2 \pm \frac{1}{2}$ мм, $c = 2 \pm \frac{1}{2}$ мм, $e = 16 \pm 3$ мм, $g = 1 \pm \frac{1}{2}$ мм, $\alpha = 20 \pm 2^\circ$.

Проверка на прочность будет проводиться по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq [\sigma]$$

Длина сварного шва №2:

$$L_{\text{ш}} = 336 \text{ мм}$$

Рассчитаем поверхности днища по формуле:

$$S = \frac{2\pi RH}{2}$$

где $H=336$ мм, $R=516$ мм.

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$S = 544400,64 \text{ мм}^2$$

Рассчитаем продольную нагрузку по формуле:

$$N = P \cdot S$$

$$N = 0,6 \cdot 544400,64 = 326640,4 \text{ Н}$$

Рассчитаем площадь поперечного сечения шва по формуле:

$$F = l_{\text{ш}} \cdot \delta$$

$$F = 336 \cdot 16 = 5376 \text{ мм}^2$$

Подставляя полученные значения в формулу, получим:

$$\sigma = \frac{326640,4}{5376} = 60,76 \text{ МПа} \leq 104,66 \text{ МПа}$$

Неравенство выполняется, сварное соединение работоспособно.

Сварное соединение №3 предназначено для приварки патрубка к корпусу. Данный шов имеет тавровое соединение Т6 на рисунке 8. По СТ ЦКБА 025-2006 [37] выполняется ручной дуговой сваркой покрытым электродом.

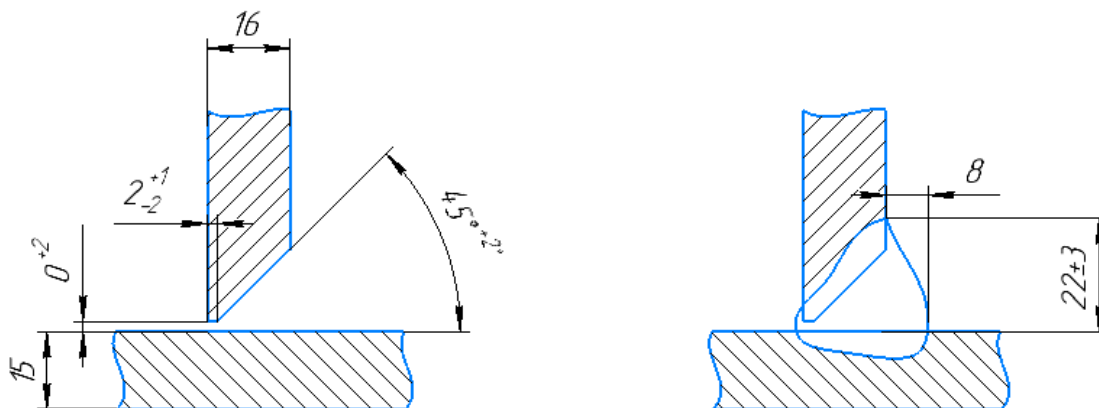


Рисунок – 8 Конструктивные элементы сварного соединения Т6

Данное сварное соединение имеет следующие параметры: $S = 16$ мм, $S_1 = 15$ мм, $b = 0^{+2}$ мм, $c = 2^{+1}_{-2}$ мм, $e = 22 \pm 3$ мм, $g = 8$ мм, $\alpha = 45 \pm 2^\circ$.

Шов №3 рассчитывается по следующей формуле:

$$\tau = \frac{N}{F} \leq [\tau]$$

Где $[\tau] = 0,5 \dots 0,6[\sigma]$

Длина сварного соединения вычисляется по формуле:

$$L_{\text{ш}} = \frac{2\pi R}{2} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 516}{2} = 1621 \text{ мм}$$

Рассчитаем площадь поверхности обечайки по формуле:

$$S = 2\pi RH$$

где $H=275$ мм, $R=516$ мм.

Подставляя полученные значения в формулу, получим:

$$S = 2 \cdot 3,14 \cdot 516 \cdot 275 = 891132 \text{ мм}^2$$

Произведем расчет продольной нагрузки по формуле:

$$N = 0,6 \cdot 891132 = 534679,2 \text{ Н}$$

Рассчитаем толщину шва по формуле:

$$h_{\text{ш}} = \sqrt{e^2 + g^2}$$

$$h_{\text{ш}} = \sqrt{22^2 + 8^2} \approx 23,41 \text{ мм}$$

Рассчитаем площадь сварного соединения по формуле:

$$F = \beta h_{\text{ш}} l_{\text{ш}}$$

где β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва;

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

$l_{\text{ш}}$ – длина шва.

$$F = 0,7 \cdot 1621 \cdot 23,41 = 26563,3 \text{ мм}^2$$

Подставляя полученные значения в формулу, получаем:

$$\tau = \frac{534679,2}{26563,3} = 20,13 \leq 52,33 \text{ МПа}$$

Неравенство выполняется, сварное соединение работоспособно.

Сварное соединение №5 предназначено для приварки днища к корпусу. Данный шов имеет стыковое соединение С4 рисунок 9. По СТ ЦКБА 025-2006 [37] выполняется механизированной сваркой в среде защитных газов.

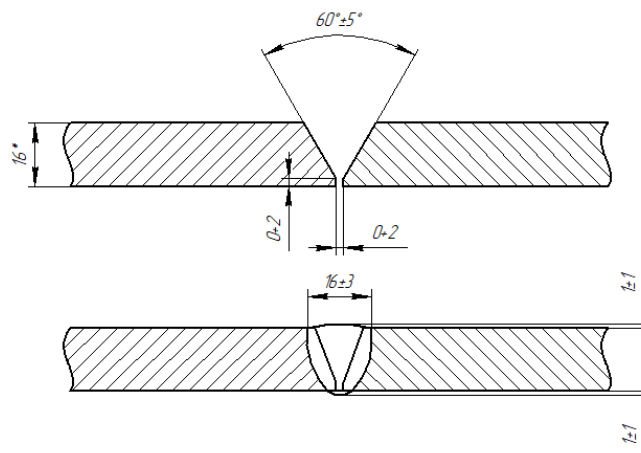


Рисунок – 9 Конструктивные элементы сварного соединения С4

Данное сварное соединение имеет следующие параметры: $S = 16 \text{ мм}$, $l = 26^{+4}_{-1} \text{ мм}$, $q = 4^{+1}_{-1} \text{ мм}$.

Проверка на прочность будет проводиться по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F} \leq [\sigma]$$

Длина сварного шва №5:

$$L_{\text{ш}} = 386 \text{ мм}$$

Рассчитаем поверхности днища по формуле:

$$S = \frac{2\pi RH}{2}$$

где $H=386$ мм, $R=740$ мм.

Подставляя значения в формулу, получаем:

$$S = 896909,6 \text{ мм}^2$$

Рассчитаем продольную нагрузку по формуле:

$$N = P \cdot S$$

$$N = 0,16 \cdot 896909,6 = 143505,536 \text{ Н}$$

Рассчитаем площадь поперечного сечения шва по формуле:

$$F = l_{\text{ш}} \cdot \delta$$

$$F = 386 \cdot 16 = 6176 \text{ мм}^2$$

Подставляя полученные значения в формулу, получим:

$$\sigma = \frac{896909,6}{6176} = 23,23 \text{ МПа} \leq 104,66 \text{ МПа}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

30

5 Выбор способа сварки

При разработке технологического процесса сборки и сварки корпуса задвижки целесообразно руководствоваться действующими нормативно-техническими документами, а также учитывать данные о геометрических параметрах конструкции и особенностях предполагаемых сварных соединений. В связи с этим для выполнения сварочных работ рекомендуется использовать механизированную сварку плавящимся электродом в среде защитных газов в соответствии с требованиями ГОСТ 14771–76 [35], в сочетании с методами ручной дуговой сварки покрытыми электродами согласно СТ ЦКБА 025-2006 [37].

Ручная дуговая сварка является одним из наиболее распространённых и универсальных методов сварочного производства, благодаря сочетанию высокой технологической гибкости и эксплуатационной надёжности. Среди её основных преимуществ можно выделить следующие:

- возможность выполнения сварных соединений в различных пространственных положениях и на объектах со сложной конструктивной геометрией;
- универсальность в применении: метод подходит для сварки и наплавки изделий из различных металлов и сплавов, включая углеродистые и легированные стали, чугуны, а также цветные металлы;
- высокая эффективность при проведении ремонтных и восстановительных работ, устранении дефектов литейного производства и восстановлении изношенных деталей машин и механизмов;
- незаменимость в специфических условиях эксплуатации, таких как строительство в горных районах, выполнение подводных сварочных работ, сварка магистральных трубопроводов для транспортировки газа и нефти;
- удобство использования как в стационарных условиях производственных цехов, так и в полевых условиях на строительных площадках;
- простота конструкции, высокая надёжность и доступность сварочного оборудования, используемого при этом методе.

Физическим источником тепловой энергии при ручной дуговой сварке служит электрическая дуга, образующаяся между покрытым электродом и сва-

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

риваемой заготовкой. Данный процесс обеспечивает локальный интенсивный нагрев материала до температур плавления, что способствует формированию прочного сварного соединения. Схематическое изображение процесса сварки плавящимся электродом представлено на рисунке 10.

Сварка может осуществляться как на постоянном, так и на переменном токе. Следует отметить, что использование постоянного тока обладает рядом преимуществ: за счёт стабильности направления электрического тока обеспечивается более устойчивая работа сварочной дуги, что, в свою очередь, способствует улучшению качества сварных швов, их равномерности и снижению количества дефектов.

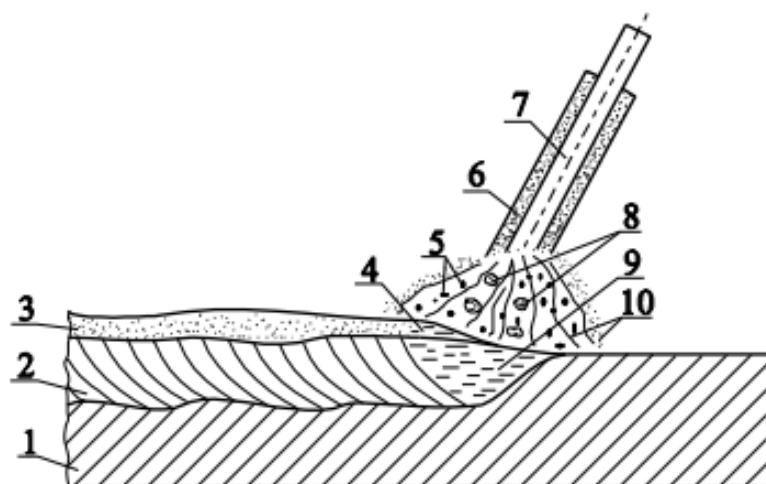


Рисунок 10 – Схема сварки плавящимся электродом: 1 – свариваемый металл; 2 – сварной шов; 3 – шлаковая корка; 4 – шлаковая ванна; 5 – частицы расплавленной обмазки электрода; 6 – покрытие (обмазка) электрода; 7 – стержень электрода; 8 – капля расплавленного стержня; 9 – ванна расплавленного металла;

10 – электрическая дуга и газовая защитная атмосфера

В сварочной практике выбор типа сварочного тока играет ключевую роль в обеспечении качества сварных соединений. Постоянный ток, как правило, используется при выполнении сварки тонкостенных изделий, а также при сварке конструкций из цветных металлов и их сплавов. Применение постоянного тока обусловлено более стабильным горением сварочной дуги, что особенно важно при работе с материалами, чувствительными к температурным колебаниям.

Тем не менее, наибольшее распространение в промышленности получила сварка на переменном токе. Это связано с рядом существенных преимуществ данного метода:

- оборудование для сварки переменным током является более доступным с экономической точки зрения, обладает меньшими габаритными размерами и массой, а также отличается большей простотой конструкции и надёжностью в эксплуатации;
- коэффициент полезного действия сварочных трансформаторов переменного тока существенно выше, чем аналогичных аппаратов для сварки постоянным током;
- удельный расход электрической энергии на один килограмм наплавленного металла при сварке на переменном токе в два раза ниже по сравнению с использованием постоянного тока, что делает процесс более энергоэффективным.

К числу недостатков сварки на переменном токе следует отнести пониженную устойчивость зажигания и горения сварочной дуги. Это связано с особенностями питания дуги переменным током промышленной частоты 50 Гц, при которой направление сварочного тока меняется сто раз в секунду, что приводит к кратковременным затуханиям дуги и усложняет процесс её стабилизации.

Особое место среди современных сварочных технологий занимает сварка плавящимся электродом в среде защитных газов. В данном процессе см. рисунок 12 сварочная дуга горит между плавящимся электродом, выполненным в виде сварочной проволоки, и свариваемым изделием. Через сопло сварочной горелки в зону дуги непрерывно подаётся защитный газ, который обеспечивает изоляцию сварочной ванны, капель расплавленного электродного металла и зоны кристаллизации шва от вредного воздействия активных компонентов атмосферы, прежде всего кислорода и азота.

Под воздействием тепла сварочной дуги происходит плавление кромок соединяемых элементов и сварочной проволоки. В результате расплавленный

металл заполняет сварочную ванну, а по мере кристаллизации образуется монолитный сварной шов высокой прочности.

При сварке в защитных газах в качестве электродного металла используется сварочная проволока, химический состав которой максимально приближен к составу основного материала изделия. Выбор защитного газа определяется необходимостью предотвращения окисления и нежелательных металлургических процессов в сварочной ванне. В частности:

- для сварки цветных металлов и их сплавов применяются инертные одноатомные газы, такие как аргон и гелий, а также их смеси;
- при сварке меди и кобальта возможно использование азота в качестве защитного газа;
- для сварки конструкционных сталей широко применяется углекислый газ, однако с учётом его химической активности, способствующей угару легирующих элементов (кремния, марганца), в сварочную проволоку вводят дополнительные количества этих компонентов.

В ряде технологических процессов целесообразно использовать смеси инертных и активных газов, что позволяет повысить устойчивость сварочной дуги, улучшить формирование шва, оптимизировать его геометрические характеристики и уменьшить разбрызгивание металла.

Следует отметить, что сварку плавящимся электродом в защитной газовой среде преимущественно выполняют на постоянном токе обратной полярности. Использование переменного тока при этом нежелательно, поскольку охлаждение дугового столба защитным газом приводит к нарушению стабильности горения дуги.

Интенсивность подачи сварочной проволоки напрямую влияет на силу сварочного тока, что позволяет регулировать тепловложение в сварочную ванну в зависимости от условий выполнения работ.

Вместе с тем, особенностью процесса сварки в среде защитных газов является сравнительно высокий уровень потерь электродного металла, обусловленный угаром и разбрызгиванием, что необходимо учитывать при расчётах расхода материалов и планировании производственного процесса.

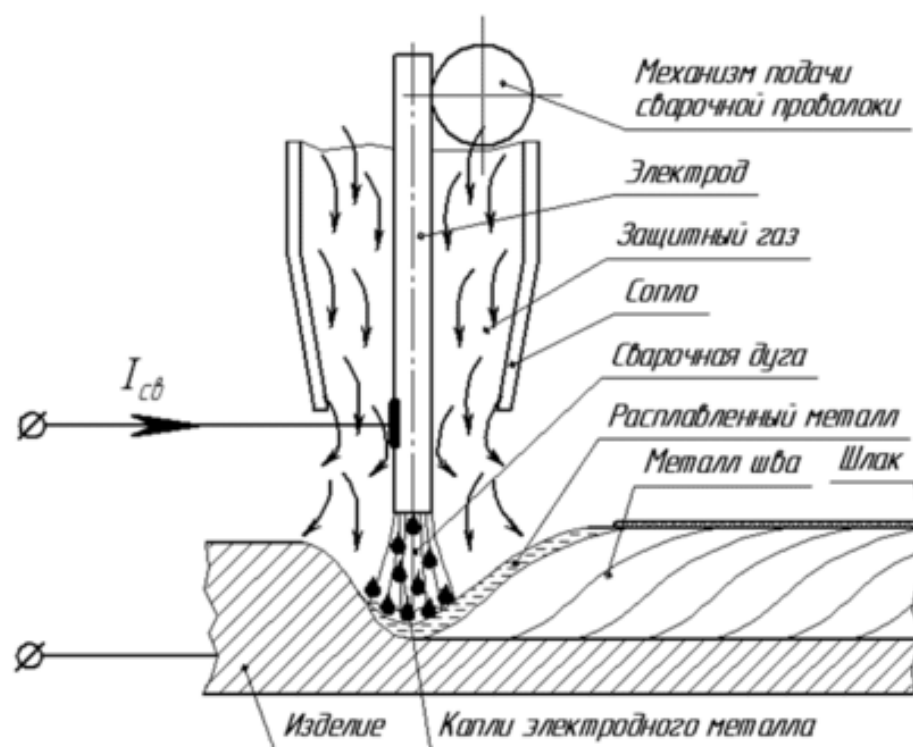


Рисунок 11 – Схема сварки в защитных газах

Процесс переноса электродного металла в сварочной дуге оказывает существенное влияние на качество сварного соединения, а также на уровень потерь металла в виде разбрызгивания. Вид переноса металла напрямую зависит от выбранных параметров режима сварки, прежде всего от силы сварочного тока, напряжения дуги и состава защитной атмосферы. Выделяют три основных типа переноса расплавленного металла через дуговой промежуток:

- крупнокапельный перенос;
- смешанный перенос;
- мелкокапельный (струйный) перенос.

При крупнокапельном переносе формируются капли значительного объёма, которые отделяются от электрода относительно редко. Это связано с продолжительными короткими замыканиями дугового промежутка, в ходе которых происходит передача крупной капли на поверхность свариваемого металла. Высокая теплота, заключённая в таких каплях, способствует надёжному срастанию металлов, обеспечивая прочность сварного соединения. При этом образование брызг минимально, так как процессы переноса происходят с невысокой частотой и меньшей кинетической энергией капель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

35

В случае смешанного переноса электродного металла наблюдается наиболее интенсивное образование брызг. Потери металла при таком процессе могут достигать 20–30% от общего количества наплавляемого материала. Механизм смешанного переноса заключается в чередовании различных по размеру и массе капель, которые с разной скоростью перемещаются через дуговой промежуток. Частые короткие замыкания дуги приводят к дестабилизации сварочного процесса, возникновению микровзрывов и разбрызгиванию металла. В диапазоне сварочных токов, характерных для смешанного переноса, выполнение сварочных работ, как правило, не рекомендуется из-за низкого качества формируемого шва и значительных потерь материала.

Наилучшие результаты по минимизации потерь электродного металла достигаются при мелкокапельном или струйном переносе. В данном случае процесс переноса характеризуется образованием мелких, равномерных капель, которые переносятся через дуговой промежуток без контакта с основной заготовкой до момента слияния. Это исключает короткие замыкания, взрывообразное отделение капель и, как следствие, существенно снижает уровень разбрызгивания. Мелкокапельный перенос возникает при определённых оптимальных значениях плотности сварочного тока, что требует точной настройки сварочного оборудования.

Таким образом, для обеспечения минимальных потерь металла и получения качественного сварного соединения целесообразно стремиться к организации процесса с преобладанием мелкокапельного переноса, особенно при сварке в среде углекислого газа. Правильный выбор режима сварки становится ключевым фактором в управлении процессами переноса металла.

Рекомендуемые значения силы сварочного тока для процесса сварки в углекислом газе приведены в таблице 14.

Допускаемые плотности тока и диапазоны сварочного тока при сварке в углекислом газе представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Допускаемые плотности тока и диапазоны сварочного тока при сварке в углекислом газе

Диаметр электрода, мм	1,2	1,6	2,0	3,0
Плотность тока, А/мм ²	88,0...195,0	90,0...160,0	60,0...140,0	45,0...70,0
Сварочный ток, А	100,0...220,0	180,0...320,0	200,0...450,0	300,0...500,0

Достоинства способа:

- повышенная производительность (по сравнению с дуговой сваркой покрытыми электродами);
- отсутствуют потери на огарки, устранены затраты времени на смену электродов;
- надёжная защита зоны сварки;
- минимальная чувствительность к образованию оксидов;
- отсутствие шлаковой корки;
- возможность сварки во всех пространственных положениях.

Недостатки способа:

- большие потери электродного металла на угар и разбрызгивание (на угарэлементов 5–7%, при разбрызгивании от 10 до 30%);
 - мощное излучение дуги;
 - ограничение по сварочному току;
 - сварка возможна только на постоянном токе.
- Области применения:
- сварка тонколистового металла и металла средних толщин (до 20 мм);
- возможность сварки сталей всех классов, цветных металлов и сплавов, разнородных металлов.

Для сварных соединений №1, №2, №4 и №5 выбираем механизированную сварку в среде защитных газов, для сварного соединения №3 выбираем ручную дуговую сварку покрытым электродом.

6. Обоснование выбора сварочных материалов

Сварочные материалы, а именно электроды, сварочная проволока и защитный газ выбираются исходя из требований НД: СТ ЦКБА 025–2006 [37], ГОСТ 33857–2016 [38], ГОСТ Р ИСО 14175–2010 [39], ГОСТ 2246–70 [40], ГОСТ 10157–2016 [41], ГОСТ 8050–85.

Для механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитных газов предъявляются следующие требования.

Для сварки углеродистых и нелегированных сталей в качестве защитного газа применяют углекислый газ или смесь газов. Сварку легированных сталей рекомендуется выполнять в аргоне или смеси защитных газов.

Для сварки рекомендуется применение газовой смеси следующего состава:

- для автоматической сварки: аргон 92–95 %, кислород – остальное или аргон 85–92 %, двуокись углерода – остальное;
- для механизированной сварки: аргон 75–85 %, двуокись углерода – остальное.

Допускается применение других смесей, состав которых обеспечивает качество сварных соединений в соответствии с требованиями настоящего стандарта.

Смешение газов проводят смесителями любых типов. Дозировку в процесс смешения газов следует контролировать ротаметром. Допускается использовать готовые газовые смеси в баллонах.

Таким образом, для сварки задвижки клиновой штампосварной DN 1400 механизированным способом назначаем углекислотный газ.

Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности с применением источника питания с жесткой или пологопадающей внешней характеристикой (генератора постоянного тока или выпрямителя).

Сварку выполняют в нижнем положении. Электрод устанавливают вертикально по центру разделки. Допускается смещение электрода от диаметральной вертикальной оси на (15–20) мм по ходу вращения.

Горение дуги должно быть без коротких замыканий. Длина дугового промежутка должна быть в пределах от 4 до 7 мм.

Исходя из требований СТ ЦКБА 025-2006 [37] для получения сварных соединений №1 и 2 выбирается проволока Св–08Г2С.

Химический состав должен соответствовать требованиям ГОСТ 2246– 70 [40]. Химический состав проволоки Св–08Г2С представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Химический состав проволоки Св–08Г2С

Марка про- волоки	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
Св-08Г2С	0,5...0,11	0,7...0,95	1,8...2,1	Не бо- лее 0,2	Не более 0,25	Не более 0,025	Не более 0,03

Исходя из требований ГОСТ 8050-85, выбираем двуокись углерода. Дву-окись углерода выбирается высшего сорта. По физико-химическим показателям жидкий и газообразная двуокись углерода должна соответствовать требовани-ям, которые приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Физико–химические показатели двуокси углерода

Наименование показателя	Норма
	Высший сорт
Объемная доля двуокси углерода СО, %, не менее	99,8
Объемная доля окиси углерода СО	Должна выдерживать испытание по п.4.4 (ГОСТ 8050 – 85)
Массовая концентрация минеральных масел и механи-ческих примесей, мг/кг, не более	0,1
Наличие сероводорода	Должна выдерживать испытание по п.4.6 (ГОСТ 8050 – 85)
Наличие соляной кислоты	Должна выдерживать испытание по п.4.7 (ГОСТ 8050 – 85)
Наличие сернистой и азотистой кислот и органиче-ских соединений (спиртов, эфиров, альдегидов и орга-нических кислот)	Должна выдерживать испытание по п.4.8 (ГОСТ 8050 – 85)
Наличие аммиака и этаноламинов	Должна выдерживать испытание по п.4.9 (ГОСТ 8050 – 85)

Наличие запаха и вкуса	Должна выдерживать испытание по п.4.10 (ГОСТ 8050 – 85)
Массовая доля воды, % не более	Должна выдерживать испытание по п.4.11 (ГОСТ 8050 – 85)
Массовая концентрация водяных паров при температуре 20 °С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.), г/м, не более	0,037
что соответствует температуре насыщения двуокиси углерода водяными парами при давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.) при температуре 20 °С, не выше	Минус 48
Наличие ароматических углеводородов	Должна выдерживать испытание по п.4.13 (ГОСТ 8050 – 85)
Наличие оксидов ванадия	Должна выдерживать испытание по п.4.14(ГОСТ 8050 – 85)

Исходя из требований СТ ЦКБА 025–2006 [37] для получения сварного соединений №3 выбирается электрод УОНИ 13/55, так как температура эксплуатации изделия составляет минус 45 °С.

Механические свойства металла шва, наплавленного металла и сварного соединения, выполненных электродами Э50А УОНИ 13/55 для сварки конструкционных сталей, должны соответствовать нормам, приведенным в таблице 17.

Таблица 17 – Механические свойства металла шва

Тип электрода	Механические свойства при нормальной температуре					Содержание в наплавленном металле, %	
	металла шва или наплавленного металла			сварного соединения, выполненного электродами диаметром менее 3 мм			
	σ_B , кгс/мм ²	δ_5 , %	α_H , кгс·м/см ²	σ_B , кгс/мм ²	Угол загиба, град.	S	P
	Не менее					Не более	
Э50А	50	20	13	50	150	0,030	0,035

Таким образом, выбранные сварочные материалы обеспечат требуемые механические свойства шва, что свидетельствует о том, что сварочные материалы подобраны верно.

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						41
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

7. Расчёт параметров режимов сварки

Для правильного формирования швов необходимо перед процессом сварки произвести расчёт параметров режимов сварки. К основным параметрам режима сварки относятся:

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

1. Расчёт параметров режимов сварки для сварных соединений №1, 2, 3, 4 и 5

Для соединений № 1, 2 и 3 расчёт параметров режима сварки однотипен, так как толщина всех свариваемых элементов находится в пределах ± 1 мм. Также у данных сварных соединений идентичен зазор между свариваемыми элементами. Это говорит о том, что основные параметры режима сварки для сварки корневого прохода такие как: диаметр электродной проволоки, величина сварочного тока, плотность тока в электродной проволоке, напряжение на дуге и скорость сварки будут идентичны. Тип сварки, марка сварочной проволоки и защитного газа идентичны.

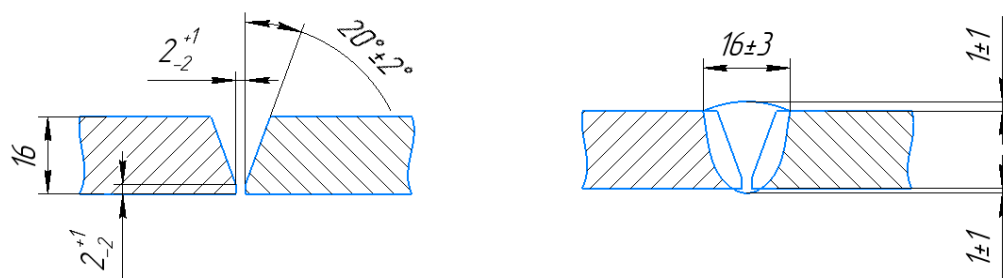
Исходные данные соединения №1:

- толщина свариваемых деталей $S = 16$ мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 20;
- длина сварного соединения 1051 мм;

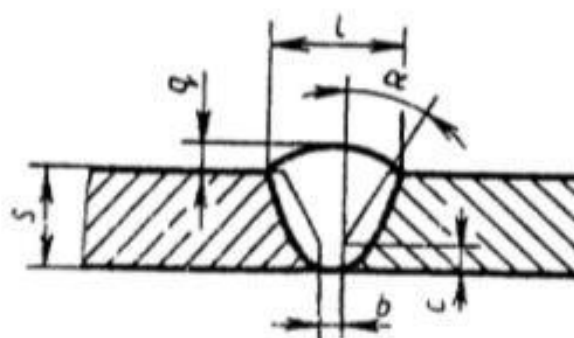
Марка сварочной проволоки и защитного газа – проволока Св–08Г2С по ГОСТ 33857–2016 [38], смесь двуокиси углерода по ГОСТ 8050–85 род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности

- тип соединения С17 по ГОСТ 14771–76 [35]. Конструктивные эле-

менты подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения С17 по ГОСТ 14771–76 [35], представлены на рисунке 12, а.



а)



б)

Рисунок 12 – Сварное соединение №1: а) – конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения №1; б) – схема сварного соединения №1 для расчёта площади поперечного сечения

Исходные данные соединения №2:

- толщина свариваемых деталей $S = 16$ мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 20;
- длина сварного соединения 336 мм;

марка сварочной проволоки и защитного газа – проволока Св–08Г2С по ГОСТ 33857–2016[38], смесь двуокиси углерода по ГОСТ 8050–85 род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности.

Исходные данные соединения №4:

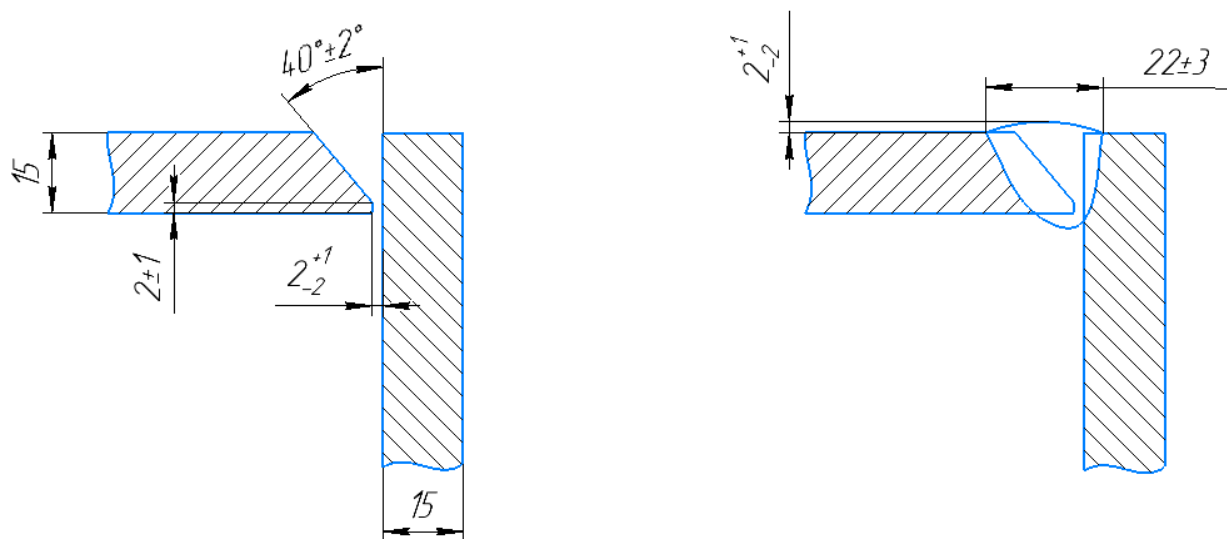
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

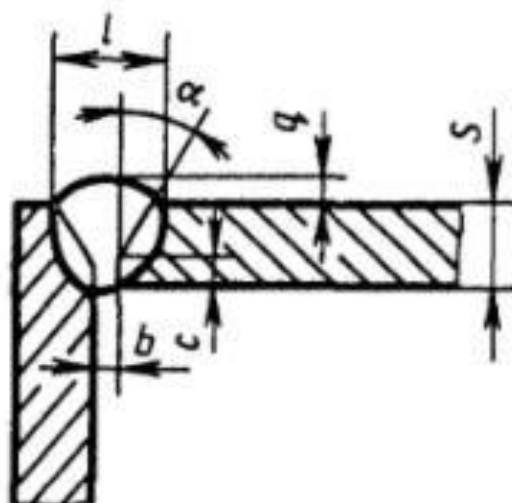
Лист

43

- толщина свариваемых деталей $S = 15$ мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 20;
- длина сварного соединения 1193 мм;
- марка сварочной проволоки и защитного газа – проволока Св-08Г2С по ГОСТ 33857–2016 [38], смесь двуокиси углерода по ГОСТ 8050–85
- род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности;
- тип соединения У6 по ГОСТ 14771–76 [35]. Конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения У6 по ГОСТ 14771–76 [35], представлены на рисунке 13, а и б



а)



б)

Рисунок 13 – Сварное соединение №4: а) – конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного со-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

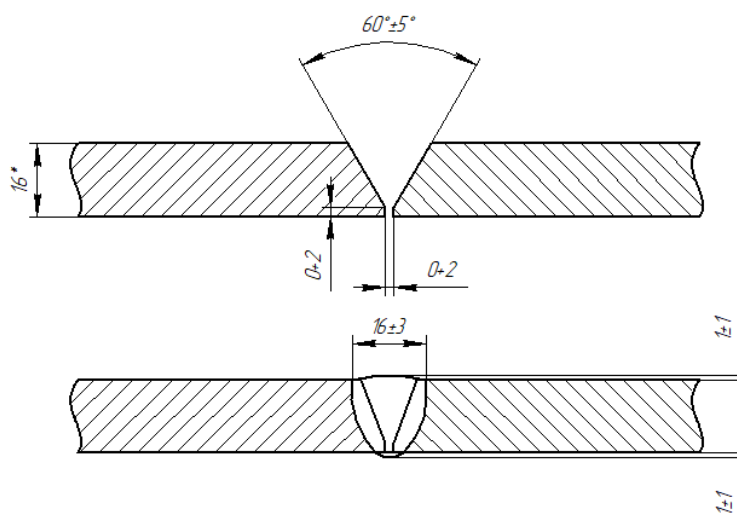
44

единения №4; б) – схема сварного соединения №4 для расчёта площади поперечного сечения

Исходные данные соединения №5:

- толщина свариваемых деталей $S = 16$ мм;
- материал свариваемых деталей – сталь 20;
- длина сварного соединения 386 мм;

марка сварочной проволоки и защитного газа – проволока Св–08Г2С по ГОСТ 33857–2016 [38], смесь двуокиси углерода по ГОСТ 8050–85 род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности.



б)

Рисунок 14 – Сварное соединение №5: а) – конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения №4; б) – схема сварного соединения №5 для расчёта площади поперечного сечения

Произведем выбор диаметра электродной проволоки по таблице 18

Таблица 18 – Зависимость величины диаметра электродной проволоки от толщины свариваемых изделий

Параметр	Значение			
S , мм	1,0...2,0	3,0...6,0	6,0...10,0	10,0...24,0

$d_{эл}$, мм	0,8...1,0	1,2...1,6	1,6...2,0	2,0 и более

Величина сварочного тока определяется исходя из таблицы 19.

Таблица 19 – Допускаемая величина сварочного тока в зависимости от диаметра электродной проволоки

	0,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0
$I_{св}$, А	25,0...75	50...130	70...180	100...240	150...400	200...500	300...700	400...850
Расстояние от изделия, мм	5...15	5...15	6...18	8...18	15...25	15...25	20...40	20...40

Исходя из конструктивных особенностей данного сварного соединения, сварку необходимо выполнять в несколько проходов. Принимаем следующие исходные данные согласно таблицам 35 и 36:

– для первого (корневого) прохода $d_{эл}=2$ мм, величина сварочного тока $I_{в}=250$ А;

– для последующих проходов $d_{эл}=2$ мм, величина сварочного тока $I_{в}=300$ А.

Определим параметры режимов сварки для корневого прохода. Коэффициент наплавки и коэффициент расплавления электродной проволоки определяются по формулам 42 и 43:

$$\alpha_p = \left(8,3 + 0,22 \frac{I_{св}}{d_{эл}} \right) \cdot 10^{-4} \quad (42)$$

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot \left(1 - \frac{\Psi}{100} \right) \quad (43)$$

где Ψ – потери электродного металла вследствие окисления, испарения и разбрызгивания, $\Psi = 10\%$.

Подставляя известные значения в формулы 42 и 43, получаем:

$$\alpha_{p1} = \left(8,3 + 0,22 \frac{250}{2}\right) \cdot 10^{-4} = 35,8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{с}};$$

$$\alpha_{\text{нп}} = 35,8 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 11,59 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$$

Площадь поперечного сечения наплавленного металла корневого прохода для соединений №1, 2, 4 и 5 определяется по формуле:

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_{\text{эл}} \quad (44)$$

Подставляя известные значения в формулу 44, получаем:

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot 2 = 12 \dots 16 \text{ мм}^2$$

Скорость сварки для однопроводного шва определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} I_{\text{св}}}{F_{\text{н}} \gamma 100} \quad (45)$$

где γ – плотность проволоки, $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Принимаем $\gamma = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Подставляя известные значения в формулу 45, получаем:

$$\begin{aligned} V_{\text{св1}} &= \frac{11,59 \cdot 250}{(0,12 \dots 16) \cdot 7,85 \cdot 100} = 23 \dots 30,76 \frac{\text{м}}{\text{ч}} \\ &= 0,64 \dots 0,854 \frac{\text{см}}{\text{с}} \end{aligned}$$

где $V_{\text{св1}}$ – скорость сварки для корневого прохода сварных соединений № 1, 2, 4 и 5

Напряжение сварочной дуги для корневого прохода рассчитывается по эмпирической формуле:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{d_{\text{эл}}}} \cdot I_{\text{св}} \pm 1 \text{ В} \quad (46)$$

Подставляя известные значения в формулу 46, получаем:

$$U_{\text{д}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 250 \pm 1 = 28,86 \pm 1 \text{ В}$$

Принимаем $U_{д1} = 29$ В.

Определяем коэффициент провара для корневого прохода по формуле:

$$\Psi_{пр} = K' \cdot (19 - 0,01 I_{св}) \cdot \frac{d_{эл} U_{д}}{I_{св}} \quad (47)$$

где K' – коэффициент, величина которого зависит от рода тока и полярности.

Определим величину фактической плотности тока по формуле:

$$j = \frac{4 I_{св}}{\pi d_{эл}^2} \quad (48)$$

Подставляя известные значения в формулу 48, получаем:

$$j = \frac{4 \cdot 250}{3,14 \cdot 2^2} = 79,61 \frac{\text{А}}{\text{см}^2}$$

Для постоянного тока обратной полярности значение коэффициента K' определяется по формуле:

$$K' = 0,367 j^{0,1925} = 0,85 \quad (49)$$

Подставляя известные значения в формулу 49, получаем:

$$K' = 0,367 \cdot 79,61^{0,1925} = 0,85$$

Подставляя известные значения в формулу 47, получаем:

$$\Psi_{пр1} = 0,85 \cdot (19 - 0,01 \cdot 250) \cdot \frac{2 \cdot 29}{250} = 3,26$$

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

Определим величину погонной энергии сварки для корневого прохода (Дж/см):

$$q_{п} = \frac{I_{св} U_{д} \eta}{V_{св}} \quad (50)$$

где $\eta = 0,8 \dots 0,95$ – для механизированных способов сварки. Принимаем $\eta = 0,8$.

Для сварки корневого прохода принимаем $V_{св1} = 0,85 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; $F_1 = 12 \text{ мм}^2$

Подставляя известные значения в формулу 50, получаем:

$$q_{п1} = \frac{250 \cdot 29 \cdot 0,8}{0,85} = 6823,53 \frac{\text{Дж}}{\text{см}}$$

где $q_{п1}$ – погонная энергия сварки корневого прохода для сварных соединений №1,2,5

Определим фактическую глубину проплавления корневого прохода по формуле:

$$h = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{q_{п}}{\Psi_{пр}}} \quad (51)$$

Подставляя известные значения в формулу 51, получаем:

$$h_1 = 8,06 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{\frac{6823,53}{3,26}} = 0,37 \text{ см} = 3,7 \text{ мм}$$

Ширина шва корневого прохода для стыковых соединений №1, 2, 5 вычисляется по формуле:

$$b = \Psi_{пр} h, \quad (52)$$

Подставляя известные значения в формулу 52, получаем:

$$b_1 = 3,29 \cdot 3,7 = 12,06 \text{ мм}$$

Ширина шва корневого прохода для угловых соединений № 4 определяется по формуле:

$$b = \sqrt{2K^2}$$

где K – катет шва, мм

Подставляя известные значения в формулу 53, получаем:

$$b_{14} = \sqrt{2 \cdot 2^2} = 2,82 \text{ мм}$$

где b_{14} , – ширина шва корневого прохода для угловых соединений №4.

Определим высоту валика по формуле:

$$c = \frac{F_H}{0,73b} \quad (54)$$

Подставляя известные значения в формулу 54, получаем:

$$c_{11} = c_{12} = c_{15} = \frac{12}{0,73 \cdot 12,06} = 1,36 \text{ мм},$$

$$c_{14} = \frac{12}{0,73 \cdot 2,82} = 5,83 \text{ мм}$$

где c_{11} , c_{12} , c_{14} , c_{15} – высота валика корневого прохода для соединений №1, 2, 4, 5

Определим общую высоту корневого шва по формуле:

$$H = h + c, \quad (55)$$

Подставляя известные значения в формулу 55, получаем:

$$H_1 = 3,7 + 1,36 = 5,06 \text{ мм};$$

$$H_{14} = 3,7 + 5,83 = 9,53 \text{ мм}$$

где H_1 – общая высота корневого шва соединений №1, 2, 5; H_{14} – общая высота корневого шва соединения №4, мм.

Определим высоту заполнения разделки стыкового соединения с учётом зазора в стыке по формуле:

$$f = \sqrt{\frac{F_H - H \cdot a}{\operatorname{tg} \alpha}} \quad (56)$$

где f – высота заполнения разделки с учётом зазора в стыке, мм;

a – зазор в стыке, мм;

α – угол скоса кромок.

Подставляя известные значения в формулу 56, получаем:

$$f_1 = \sqrt{\frac{12 - 5,06 \cdot 2}{\operatorname{tg} 20^\circ}} = 2,27 \text{ мм},$$

где f_1 – высота заполнения разделки с учётом зазора в стыке соединений №1, 2, 5.

Определим глубину проплавления соединений №1, 2 и 5 по формуле:

$$h_0 = H - f \quad (57)$$

Подставляя известные значения в формулу 57, получаем:

$$h_0 = 5,06 - 2,27 = 2,79 \text{ мм}$$

Определим глубину проплавления полки углового соединения по формуле:

$$h_0 = H - g \quad (59)$$

где h_0 – глубина проплавления полки углового соединения, мм.

Подставляя известные значения в формулу 59, получаем:

$$h_{06} = 9,53 - 3,46 = 6,07 \text{ мм}$$

где h_{04} , h_{06} – глубина проплавления полки углового соединения №4.

Определим глубину проплавления вертикальной стенки углового соединения

по формуле:

$$h_{01} = (0,8 \dots 1,0) \cdot h_0, \quad (60)$$

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

Подставляя известные значения в формулу 60, получаем:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

$$h_{014} = (0,8 \dots 1,0) \cdot 6,07 = 4,856 \dots 6,07 \text{ мм}$$

где h_{014} , – глубина проплавления вертикальной стенки угловых соединений №4 для корневого прохода.

Определим скорость подачи проволоки по формуле:

$$V_{\text{пп}} = \frac{4\alpha_{\text{н}} I_{\text{св}}}{\pi d_{\text{эл}}^2 \gamma} \quad (61)$$

где γ – плотность проволоки, г/см³. Принимаем $\gamma = 7,85$ г/см³.

$$V_{\text{пп}} = \frac{4 \cdot 11,59 \cdot 250}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,85} = 117,55 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 3,26 \frac{\text{см}}{\text{с}},$$

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

$$\Psi_{\text{пр1}} = \frac{b}{H} \quad (62)$$

где $\Psi_{\text{опр}}$ – оптимальная величина коэффициента формы провара; b – ширина шва, мм. При этом должно выполняться условие $\Psi_{\text{опр}} \leq 2,0$.

Определяем правильность выбора режима сварки для корневого прохода для соединений №1, 2, 5 по формуле 62:

$$\Psi_{\text{опр1}} = 1,8$$

Определяем правильность выбора режима сварки для последующих проходов для соединений №4, по формуле 62:

$$\Psi_{\text{опр4}} = 1,64$$

Так как полученные фактические коэффициенты формы провара сварных соединений №1, 2, 4 и 5 соответствуют условию удовлетворительного формирования шва, т.е. не превышают 2,0, то отсюда следует, что режим сварки выбран правильно. Согласно рекомендациям, представленным в таблице 33 для проволоки диаметром $d_{\text{эл}} = 2$ мм, расстояние от сопла горелки, до изделия составляет от 15 до 25 мм.

Для проволоки диаметром 2,0 мм вылет электрода будет определяться по формуле:

$$l_{\text{эл}} = (8 \dots 18) \cdot d_{\text{эл}} \quad (63)$$

Подставляя известные значения в формулу 63, получаем:

$$l_{\text{эл}} = (8 \dots 18) \cdot 2 = 16 \dots 36 \text{ мм}$$

Определим параметры режимов сварки для последующих проходов. Коэффициент наплавки и коэффициент расплавления электродной проволоки определяются по формулам 42 и 43:

$$\alpha_{\text{рп}} = \left(8,3 + 0,22 \frac{300}{2} \right) \cdot 10^{-4} = 41,3 \cdot 10^{-4} \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{с}};$$

$$\alpha_{\text{нп}} = 41,3 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 13,38 \frac{\text{г}}{\text{А} \cdot \text{с}},$$

Скорость сварки для однопроводного шва определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{(8 \dots 12) \cdot 10^3}{I_{\text{св}}} \quad (64)$$

Подставляя известные значения в формулу 64, получаем:

$$V_{\text{свп}} = \frac{(8 \dots 12) \cdot 10^3}{300} = (26,66 \dots 40) \frac{\text{м}}{\text{ч}} = (0,74 \dots 1,11) \frac{\text{см}}{\text{с}},$$

где $V_{\text{свп}}$ – скорость сварки для последующих проходов сварных соединений № 1, 2, 4, 5 см/с.

Для расчётов принимаем: $V = 1,1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$; $F = 70 \text{ мм}^2$.

Напряжение сварочной дуги для последующих проходов рассчитывается по эмпирической формуле 46:

$$U_{\text{дп}} = 20 + \frac{0,05}{\sqrt{2}} \cdot 300 \pm 1 = 30,6 \pm 1 \text{ В}$$

Принимаем $U_{\text{дп}} = 31 \text{ В}$.

Определим скорость подачи проволоки по формуле 61:

$$V_{\text{пп}} = \frac{4 \cdot 13,38 \cdot 300}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,85} = 162,85 \frac{\text{м}}{\text{ч}} = 4,52 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

Число проходов определяется по формуле:

$$n = \frac{F_{\text{нм}} - F_{\text{н1}}}{F_{\text{нп}}} + 1 \quad (65)$$

где n – число проходов, шт;

$F_{\text{нм}}$ – общая площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм²;

$F_{\text{н1}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла корневого прохода, мм²;

$F_{\text{нп}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла последующих проходов, мм².

Общая площадь поперечного сечения наплавленного металла для соединения

№1 (см. рис. 32, б) определяется по формуле:

$$F_{\text{нм1}} = Sb + (S - c)^2 tg\alpha + 0,75lq \quad (66)$$

Подставляя известные значения в формулу 66, получаем:

$$F_{\text{нм1}} = 16 * 2 + (16 - 2)^2 * 0,364 + 0,75 * 16 * 2 = 115,3 \text{ мм}^2$$

Общая площадь поперечного сечения наплавленного металла для соединения №2 (см. рис. 33, б) определяется по формуле 66:

$$F_{\text{нм2}} = 16 * 2 + (16 - 2)^2 * 0,364 + 0,75 * 16 * 1 = 115,3 \text{ мм}^2$$

Определим количество проходов для сварных соединений №1, 2, 4, 5 по формуле 65:

$$n_1 = \frac{115,3 - 12}{70} + 1 = 1,47;$$

Принимаем $n_1 = 2$.

$$n_2 = \frac{115,3 - 12}{70} + 1 = 1,47$$

Принимаем $n_2 = 2$.

$$n_4 = \frac{205 - 12}{70} + 1 = 2,76$$

Принимаем $n_4 = 3$

$$n_5 = \frac{115,3 - 12}{70} + 1 = 1,47$$

Принимаем $n_5 = 2$

где n_1, n_2, n_4, n_5 - количество проходов без учёта подварочного шва для соединений №1, 2, 4, 5 шт.

Время горения дуги определяется по формуле

$$T_{\text{осн}} = \frac{T_{\text{к}} + T_{\text{п}} \cdot (n - 1)}{60} \quad (70)$$

где $T_{\text{к}}$ - время сварки корневого прохода, мин;

$T_{\text{п}}$ - время сварки последующих проходов, мин;

n - количество проходов, шт.

Время сварки определяется по формуле:

$$T = \frac{3600 \cdot F_{\text{н}} \cdot l \cdot \gamma}{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}} \quad (71)$$

где l - длина сварного соединения, см.

По формуле 71 определяем время сварки для корневого прохода сварных соединений №1 и 2:

$$T_{\text{к1}} = \frac{3600 \cdot 0,12 \cdot 105,1 \cdot 7,85}{11,59 \cdot 250} = 123 \text{ с}$$

$$T_{\text{к2}} = \frac{3600 \cdot 0,12 \cdot 33,6 \cdot 7,85}{11,59 \cdot 250} = 39 \text{ с}$$

$$T_{\text{к4}} = \frac{3600 \cdot 0,12 \cdot 119,3 \cdot 7,85}{11,59 \cdot 250} = 139,6 \text{ с}$$

$$T_{\text{к5}} = \frac{3600 \cdot 0,12 \cdot 38,6 \cdot 7,85}{11,59 \cdot 250} = 45 \text{ с}$$

где $T_{\text{к1}}, T_{\text{к2}}, T_{\text{к4}}, T_{\text{к5}}$ - время сварки корневого прохода сварных соединений №1, 2, 4, 5 соответственно, мин.

По формуле 71 определяем время сварки последующих проходов сварных соединений №1, 2, 4, 5:

$$T_{п1} = \frac{3600 \cdot 0,7 \cdot 105,1 \cdot 7,85}{13,38 \cdot 300} = 517,93 \text{ с}$$

$$T_{п2} = \frac{3600 \cdot 0,7 \cdot 33,6 \cdot 7,85}{13,38 \cdot 300} = 165,58 \text{ с}$$

$$T_{п4} = \frac{3600 \cdot 0,7 \cdot 119,3 \cdot 7,85}{13,38 \cdot 300} = 587,91 \text{ с}$$

$$T_{п5} = \frac{3600 \cdot 0,7 \cdot 38,6 \cdot 7,85}{13,38 \cdot 300} = 190,23 \text{ с}$$

где $T_{п1}$, $T_{п2}$, $T_{п4}$, $T_{п5}$ – время сварки последующих проходов сварных соединений № 1, 2, 4, 5 соответственно, мин.

Подставляя известные значения в формулу 70, получаем:

$$T_{осн1} = \frac{123 + 517,93 \cdot (2 - 1)}{60} = 10,68 \text{ мин}$$

$$T_{осн2} = \frac{123 + 165,58 \cdot (2 - 1)}{60} = 3,41 \text{ мин}$$

$$T_{осн4} = \frac{139,6 + 587,91 \cdot (3 - 1)}{60} = 21,92 \text{ мин}$$

$$T_{осн5} = \frac{45 + 190,23 \cdot (2 - 1)}{60} = 3,92 \text{ мин}$$

где $T_{осн1}$, $T_{осн2}$, $T_{осн4}$, $T_{осн5}$ – время горения дуги для сварных соединений №1, 2, 4, 5 мин.

Вес наплавленного металла определяется по формуле:

$$\omega_{нм} = F_{нм} \cdot l \cdot \gamma \quad (72)$$

Подставляя известные значения в формулу 72, получаем:

$$\omega_{нм1} = 1,348 \cdot 105,1 \cdot 7,85 = 1112,14 \text{ г;}$$

$$\omega_{нм2} = 1,153 \cdot 33,6 \cdot 7,85 = 304,11 \text{ г;}$$

$$\omega_{\text{HM4}} = 2,05 \cdot 119,3 \cdot 7,85 = 1919,83 \text{ г}$$

$$\omega_{\text{HM5}} = 1,153 \cdot 38,6 \cdot 7,85 = 349,37 \text{ г}$$

Расчёт потребного количества сварочной проволоки производится по формуле:

$$\omega_{\text{CM}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot \omega_{\text{HM}} \quad (73)$$

Подставляя известные значения в формулу 73, получаем:

$$\omega_{\text{CM1}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot 1112,14 = 1890,6 \dots 2113,07 \text{ г};$$

$$\omega_{\text{CM2}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot 304,11 = 517 \dots 577,81 \text{ г};$$

Таблица 20 – Параметры расхода защитного газа и вылет электродной проволоки

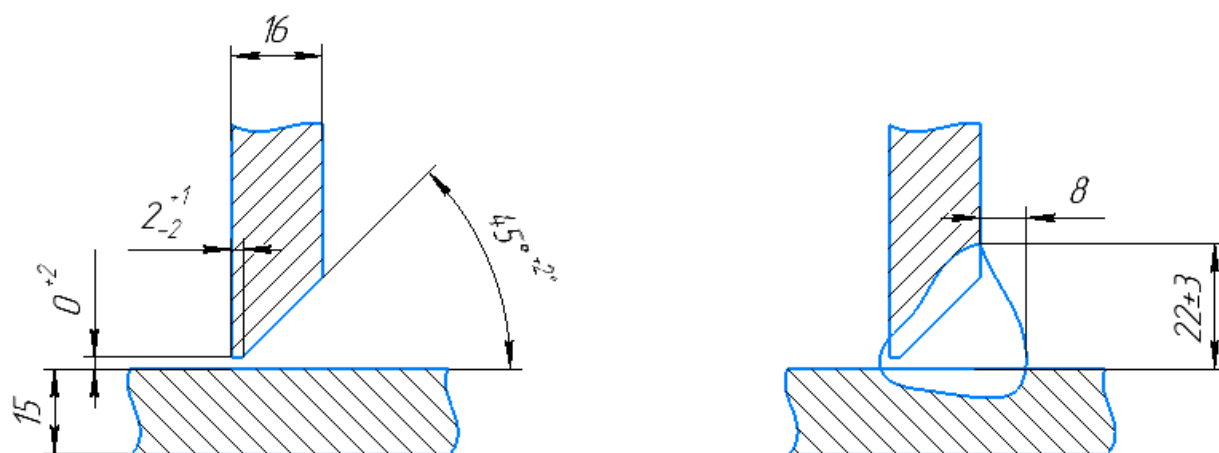
Диаметр сварочной проволоки $d_{\text{эл}}$, мм	Расход защитного газа, л/мин	Вылет электрода $l_{\text{эл}}$, мм
0,5...0,8	5,0...8,0	5,0...8,0
1,0...1,4	8,0...16,0	8,0...15,0
1,6...2,0	15,0...20,0	15,0...25,0
2,0 и более	20,0 ... 30,0	25,0... 35,0

Согласно таблице 20 для проволоки диаметром 2,0 мм расход защитного газасоставляет 18 л/мин, вылет электродной проволоки составляет 20 мм.

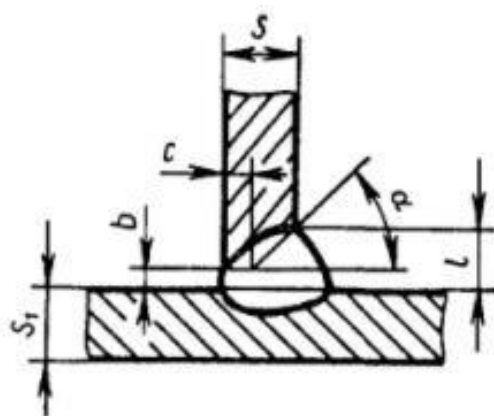
2. Расчёт параметров режимов сварки для сварного соединения №3: Исходные данные соединения №3:

- толщина свариваемых деталей $S = 16 \text{ мм}$; $S_1 = 15 \text{ мм}$;
- материал свариваемых деталей – сталь 20;
- длина сварного соединения 1621 мм;
- тип и марка электрода – Э50А, УОНИ 13/55 по ГОСТ 33857–2016 [38];
- род и полярность тока – постоянный ток обратной полярности;

тип соединения Т6 по ГОСТ 5264–80 [36]. Конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения Т6 по ГОСТ 5264–80 [36], представлены на рисунке 15 а.



а)



б)

Рисунок 15 – Сварное соединение №3: а) – конструктивные элементы подготавливаемых кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения №3; б) – схема сварного соединения №3 для расчёта площади поперечного сечения.

Согласно справочным данным рекомендуется: для сварки первого прохода

$d_{эл} = 3 - 4$ мм, для сварки последующих проходов $d_{эл} = 4 - 5$ мм. Принимаем: для сварки корневого прохода $d_{эл} = 3$ мм, для сварки последующих

проходов $d_{эл} = 5$ мм.

Величина сварочного тока определяется эмпирической формулой:

$$I_{св} = K \cdot d_{эл}, \quad (74)$$

где K – коэффициент, определяемый опытным путём см. таблицу 21.

Таблица 21 – Эмпирический коэффициент K

Коэффициент	$d_{эл}$, мм		
	1...2	3...4	5...6
K	25...30	30...40	35...60

Для корневого прохода при диаметре электрода $d_{эл} = 3$ мм принимаем значение коэффициента $K = 30 \dots 40$.

Для последующих проходов при диаметре электрода $d_{эл} = 5$ мм принимаем значение коэффициента $K = 35 \dots 60$.

Подставляя известные значения в формулу 74, получаем:

$$I_{св1} = (30 \dots 40) \cdot 3 = 90 \dots 120 \text{ А};$$

$$I_{свп} = (35 \dots 60) \cdot 5 = 175 \dots 300 \text{ А}$$

где $I_{св1}$, $I_{свп}$ – сила тока для корневого и последующих проходов соответственно.

Для расчётов принимаем: $I_{св1} = 120 \text{ А}$, $I_{свп} = 180 \text{ А}$.

При проектировании технологических процессов сварки напряжение на дуге выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электродов см. таблицу 22.

Таблица 22 – Оптимальное напряжение дуги U_d

Марка электрода	УОНИ13/45	УОНИ 13/55
U_d	22...26	22...26

Для электродов марки УОНИ 13/55 оптимальное напряжение дуги находится в пределах 22...26 В. Для расчётов принимаем $U_d = 24 \text{ В}$.

Нормальная длина дуги (мм) при ручной дуговой сварке определяется по формуле:

$$l_{\text{д}} = (0,5 \dots 1,2) \cdot d_{\text{эл}} \quad (75)$$

Подставляя известные значения в формулу 75, получаем:

$$l_{\text{д1}} = (0,5 \dots 1,2) \cdot 3 = 1,5 \dots 3,6 \text{ мм};$$

$$l_{\text{дп}} = (0,5 \dots 1,2) \cdot 5 = 2,5 \dots 6 \text{ мм}$$

где $l_{\text{д1}}$, $l_{\text{дп}}$ – нормальная длина дуги для корневого и последующих проходов соответственно.

Значение коэффициента наплавки $\alpha_{\text{н}}$ для электродов марки УОНИ 13/55 составляет 9,5 г/А·ч. Для расчётов принимаем $\alpha_{\text{н}} = 9,5 \text{ г/А·ч}$.

Общая площадь поперечного сечения наплавленного металла для соединения

№3 (см. рис. 37, б) определяется по формуле:

$$F_{\text{нмз}} = Sb + \frac{(s-s)^2}{2} tg\alpha + 0,75lq \quad (76)$$

Подставляя известные значения в формулу 76, получаем:

$$F_{\text{нмз}} = 16 \cdot 2 + \frac{(16 - 2)^2}{2} \cdot 1 + 0,75 \cdot 20 \cdot 8 = 250 \text{ мм}^2$$

Площадь наплавленного металла первым проходом определяется по формуле:

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot d_{\text{эл}} \quad (77)$$

Площадь наплавленного металла последующих проходов определяется по формуле:

$$F_{\text{п}} = (8 \dots 12) \cdot d_{\text{эл}} \quad (78)$$

Подставляя известные значения в формулы 77 и 78, получаем:

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot 3 = 18 \dots 24 \text{ мм}^2;$$

$$F_{\text{п}} = (8 \dots 12) \cdot 5 = 40 \dots 60 \text{ мм}^2.$$

Для расчёта принимаем $F_1 = 24 \text{ мм}^2$, $F_{\text{п}} = 50 \text{ мм}^2$

По формуле 45 определяем скорость сварки для корневого и последующих проходов:

$$V_{\text{св1}} = \frac{9,5 \cdot 120}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,24} = 0,17 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

$$V_{\text{свп}} = \frac{9,5 \cdot 120}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,5} = 0,12 \frac{\text{см}}{\text{с}}$$

где $V_{\text{св1}}$, $V_{\text{свп}}$ – скорость сварки для корневого и последующих проходов сварного соединения №3.

По формуле 65 определяем количество проходов для соединения №3:

$$n_3 = \frac{250 - 24}{50} + 1 = 5,52$$

Принимаем $n_3 = 6$.

По формуле 71 определяем время сварки для корневого и последующих проходов сварного соединения №3:

$$T_{\text{кз}} = \frac{3600 \cdot 0,24 \cdot 162,1 \cdot 7,85}{9,5 \cdot 120} = 964,4 \text{ с};$$

$$T_{\text{пз}} = \frac{3600 \cdot 0,5 \cdot 162,1 \cdot 7,85}{9,5 \cdot 120} = 1339,46 \text{ с}$$

где $T_{\text{кз}}$, $T_{\text{пз}}$ – время сварки для корневого и последующих проходов сварного соединения №3 соответственно.

По формуле 70 определяем время горения дуги для сварного соединения №3:

$$T_{\text{осн3}} = \frac{964,4 + 1339,46 \cdot (6 - 1)}{60} = 127,7 \text{ мин}$$

По формуле 72 определяем вес наплавленного металла:

$$\omega_{\text{нм3}} = 2,5 \cdot 162,1 \cdot 7,85 = 3181,21 \text{ г}$$

По формуле 73 определяем потребное количество сварочных электродов:

$$\omega_{\text{см3}} = (1,7 \dots 1,9) \cdot 3181,21 = 5408,06 \dots 6044,3 \text{ г}$$

где $\omega_{см3}$ – потребное количество сварочных электродов для соединения №3

8. Техника и технология сварки конструкции

В процессе изготовления задвижки клиновой штамповарной с выдвижным шпинделем *DN 1400* выполняется сварка ее элементов в следующем порядке:

- два фланца привариваются к патрубкам;
- два полукорпуса свариваются между собой;
- два полукорпуса привариваются к патрубкам
- днище приваривается к патрубку;
- к полукорпусам приваривается нижняя часть коробки корпуса

Соединения №1, 2, 4, 5 и 6 выполнены согласно требованиям ГОСТ 14771–76 [35].

Соединение №3 выполнено согласно требованиям ГОСТ 5264–80 [36].

Фиксация деталей производится при помощи прихваток. Прихватку и сварку при изготовлении изделий могут выполнять сварщики, прошедшие аттестацию на право выполнения сварочных работ в соответствии с требованиями ПБ 03–273–99 и РД 03–495–02. Сварочное оборудование, применяемое при сварке, должно быть аттестовано в соответствии с РД 03–614–03.

Для раскроя материала используется станок для гидроабразивной резки *FlowMach 100*.



Рисунок 16 – Станок для гидроабразивной резки *Flow Mach 100*

Станки серии *Flow Mach 100* представляют собой современное оборудование для высокоточного водоструйного раскроя и обладают рядом значимых

эксплуатационных преимуществ: высокой надёжностью, точностью обработки и минимальными производственными затратами.

Надёжность станков обеспечивается за счёт применения прочных материалов, передовых конструкторских решений и устойчивости компонентов к износу, что позволяет значительно сократить частоту технического обслуживания. Высокая точность позиционирования делает возможным выполнение реза сложных контуров с минимальными допусками, что особенно важно при изготовлении изделий с высокими требованиями к геометрическим параметрам.

Система управления FlowMaster с современным графическим интерфейсом существенно упрощает взаимодействие оператора с оборудованием. Интуитивная структура меню и простота настроек позволяют значительно сократить время обучения персонала и оперативно вводить станок в эксплуатацию без необходимости владения навыками ЧПУ-программирования. Технические характеристики станка *Flow Mach 100* указаны в таблице 23.

Таблица 23 – Технические характеристики станка *Flow Mach 100*

Рабочая	
Ось X	1,3 м, 3 м, 4 м
Ось Y	1,3 м, 2 м
Ось Z	178 мм
Точность	
Линейная точность	$\pm 0,1$ мм/м
Повторяемость	$\pm 0,06$ мм
Скорость	
Скорость осевого перемещения	10 м/мин
Насосы высокого давления	
<i>Flow HyPlex Prime</i>	4150 бар
<i>Flow UltraJet</i>	4150 бар
Ускорение	
Ускорение	0,05 G
Безопасность	
Класс защиты	IP67

Для формообразования патрубков используется 4 – х валковый листо-

гибочный станок *Акуарак АНС 20– 13*. Данный станок используется для изготовления цилиндрических и эллипсоподобных обечаек, конусов разнообразных диаметров и отличается простотой в использовании, надежностью, точностью и высокой скоростью при выполнении даже самых сложных гибок металла.



Рисунок 17 – 4 – х валковый листогибочный станок *Акуарак АНС 20 – 13*

Технические характеристики 4-хвалкового листогибочного станка *Акуарак АНС 20 – 13* указаны в таблице 24.

Таблица 24 – Технические характеристики 4 – х валкового листогибочного станка *Акуарак АНС 20 – 13*

Рабочая длина гибки, мм	2100
Максимальная толщина листа, мм	16
Максимальная толщина на подгиб, мм	13
Диаметр верхнего вала, мм	270
Диаметр боковых валов, мм	210
Диаметр нижнего вала, мм	250
Мощность двигателя, кВт	11
Длина, мм	4522
Высота, мм	1438
Ширина, мм	1520
Вес, кг	6000

Для обеспечения правильного формообразования полукорпусов необходим гидравлический штамповочный пресс с развиваемым усилием около 160 тонн.

Для формообразования полукорпусов выбираем гидравлический штампо-

вочный пресс модели *PKZZIII – 315 1 FS* рисунок 18. Технические характеристики *PKZZIII – 315 1 FS* указаны в таблице 25.



Рисунок 18 – Гидравлический штамповочный пресс модели *PKZZIII – 315 1 FS*

Таблица 25 – Технические характеристики *PKZZIII – 315 1 FS*

Длина стола, мм	2500
Ширина стола, мм	1400
Ход бабки, мм	400
Количество ударов/мин	25
Расстояние между колоннами, мм	2500
Мощность электродвигателя, кВт	45
Усилие, тонн	315
Размеры, мм	4300x2500x6000
Вес, кг	60000

Выбранный пресс развивает требуемое усилие для формообразования коробки корпуса. Использование данного пресса будет оправданным.

Для подготовки кромок под сварку и механической обработки используются кромкорез *BM – 20 plus* и угловая шлифмашина *AEG WS13 – 125SXEK*, представленные на рисунке 19.



А)



Б)

Рисунок 19 – Оборудования для подготовки кромок под сварку: а) - ручной кромкорез *Promotech BM-20 Plus*, б) - угловая шлифовальная машина *AEG WS13-125SX EK*

Технические характеристики ручного кромкореза *Promotech BM-20 Plus* представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Технические характеристики ручного кромкореза *Promotech BM-20 Plus*

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

67

Источник питания	220...240 В, АС/50/60 Гц
Мощность	1100 Вт
Частота вращения	2820 об/мин
Привод - двигатель	Электрический, однофазный, индукционный с рабочим конденсатором
Степень защиты	1
Углы фаски	15°-60,0 (опционально)°
Максимальная ширина фаски	20 мм (для угла 45°)
Используемый инструмент	Две фрезерные головки с твердосплавными пластинами
Скорость обработки	1,5 м/мин
Подача	Ручная
Масса	20,5 кг

Технические характеристики угловой шлифовальной машины *AEG WS13-125SXEK* представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Технические характеристики угловой шлифовальной машины *AEG WS13-125SXEK*

Напряжение, В	220
Число оборотов, об/мин	2800...11500
Мощность, Вт	1300
Длина кабеля, м	4
Посадочный диаметр, мм	22,2
Плавный пуск	да
Наличие виброручки	да
Вес, кг	2,4

Для сварных соединений №1, 2 и 6 используется сварочный полуавтоматический аппарат *TCC PRO MIG/MMA – 500F*, представленный на рисунке 20.



Рисунок 20 – Сварочный полуавтоматический аппарат *TCC PRO MIG/MMA500F*

Технические характеристики сварочного полуавтоматического аппарата *TCC PRO MIG/MMA-500F* указаны в таблице 27.

Таблица 27 – Технические характеристики сварочного полуавтоматического аппарата *TCC PRO MIG/MMA – 500F*

Вес, кг	69
Выходной ток, А	25...510
Инверторная технология	да
Макс. диаметр проволоки, мм	2
Макс. диаметр электрода, мм	6
Мин. диаметр проволоки, мм	0,6

Для сварных соединений №4 и 5 используются вращатель – позиционер *WICON WPOZ 3000*, представленная на рисунке 21.

Технические характеристики вращателя *WICON WPOZ 3000* указаны в таблице 28.



а)

Рисунок 21 – вращатель WICON WPOZ 3000.

Технические характеристики вращателя WICON WPOZ 3000 указаны в таблице 28.

Термообработка (высокий отпуск с последующей нормализацией) готового изделия проводится в электропечи камерного типа, предназначенной для отпуски, модели НКО 15.30.17/7ВПМ с габаритными размерами 3000x1500x1700 мм. Диапазон температур: до 700 °С.

Для фиксации патрубков относительно друг друга и дальнейшей сборки задвижки используется труба с внешним диаметром 1000 мм совместно с антипригарной жидкостью «*Spatter Safe*» от производителя «Сварог». Труба устанавливается горизонтально и зажимается в предварительно наклонённый на 90° вращатель-позиционер. Патрубки устанавливают на трубу, где впоследствии происходит и дальнейшая сборка. Схема расположения трубы с вращателем-позиционером указана на рисунке 22.

Таблица 28 – Технические характеристики вращателя WICON WPOZ 3000

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ

Лист

70

Номинальная грузоподъемность, кг	3000
Расчётный центр тяжести, мм	150
Номинальный эксцентриситет, мм	150
Угол поворота план-шайбы, °	360
Номинальный крутящий момент, кг·м	120
Напряжение питания, В	~1х230/50Гц
Привод вращения, кВт	1,1
Привод наклона, кВт	0,75
Скорость вращения план-шайбы, об/мин	0,1- 1,0
Скорость наклона, с	90
Диаметр план-шайбы, мм	1250
Т - образные пазы план-шайбы	4хМ16
Высота горизонтальной план-шайбы, мм	1100
Общая длина, мм	2000
Общая высота, мм	1250
Общая ширина, мм	1250
Масса, кг	1850
Обратный сварочный ток, А	600

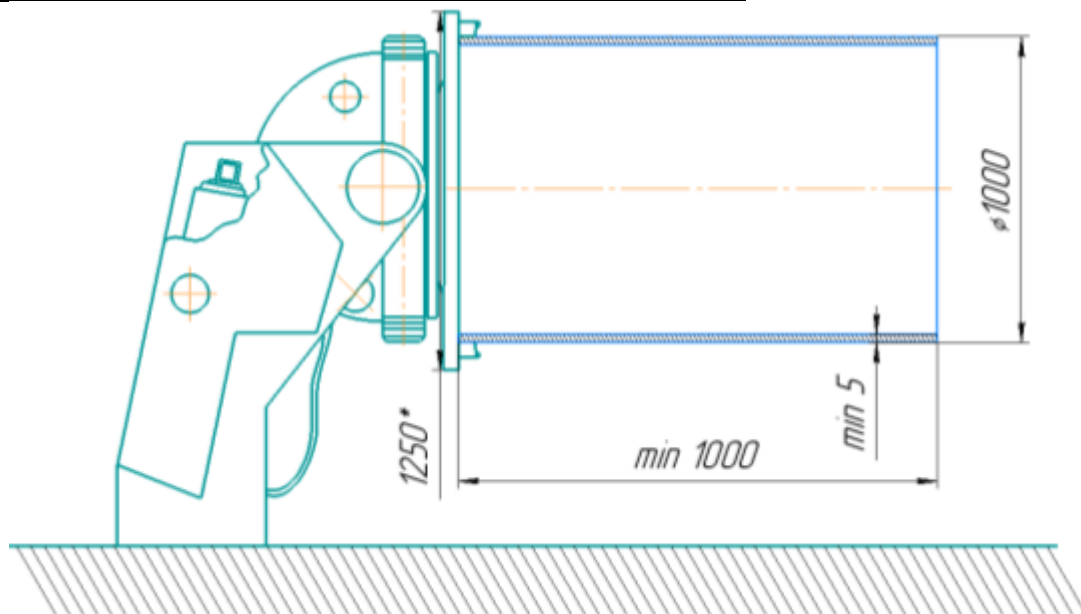


Рисунок 22 - Схема расположения трубы с вращателем - позиционером

Технические характеристики антипригарной жидкости «*Spatter Safe*» от производителя «Сварог» указаны в таблице 29.

Таблица 29 – Технические характеристики антипригарной жидкости «Spatter Safe» от производителя «Сварог»

Тип	Антипригарная паста/жидкость
Страна	Россия
Производитель	Сварог
Объём упаковки, л	10

Для транспортирования заготовок по цеху используется подвесной кран от производителя грузоподъёмного оборудования «Vira» см. рисунок 23.



Рисунок 23 –Подвесной кран

Технические характеристики подвесного крана указаны в таблице 30.

Таблица 30 – Технические характеристики подвесного крана

Грузоподъемность, т	до 10
Длина пролета, м	до 28,5
Система управления приводами	Частотная, реллейная, смешанная
Высота подъема, м	до 24
Исполнение	ОПИ

Таким образом, выбранное оборудование позволяет добиться заданного уровня технологичности, что существенно сократит время на производство изделия.

9. Контроль качества сварных соединений

Категории сварных соединений, методы и объём контроля устанавливаются в соответствии с СТ ЦКБА 025–2006 [37] . Материал основных деталей конструкции изготавливаются из стали 20. Для сталей перлитного класса устанавливаются пять категорий сварных соединений, представленные в таблице 31.

Таблица 31 – Категории сварных соединений трубопроводной арматуры из сталей перлитного класса

Категория сварных соединений	Характеристика конструкции
1	Сварные конструкции: <ul style="list-style-type: none">- находящиеся под давлением среды 6,3 МПа(63 кгс/см²) 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: <ul style="list-style-type: none">- находящиеся под давлением среды от 2,5 до 6,3 МПа (от 25 до 63 кгс/см²);- соприкасающиеся со средами при температуре свыше 200 °С;- не находящиеся под внутренним давлением, но испытывающие силовое воздействие при температуре окружающего воздуха от минус 40 до минус 60 °С
3	Сварные конструкции: <ul style="list-style-type: none">- находящиеся под давлением среды свыше 1,6 и до 2,5 МПа (свыше 16 до 25 кгс/см²);- находящиеся в контакте со средой при температуре до 200 °С;- находящиеся под внутренним давлением и эксплуатируемые при температуре окружающего воздуха до минус 40 °С

Продолжение таблицы 31

4	Сварные конструкции: - находящиеся под давлением среды до 1,6 МПа(16 кгс/см ²) включ
5	Сварные конструкции не находящиеся подвнутренним давлением или по условиям работы, отличающиеся от указанных выше категорий

Изделие, рассматриваемое в данной выпускной квалификационной работе, подходит под 4-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.

Методы и объем неразрушающего контроля сварных соединений указаны в таблице 32.

Для 4-ой категории сварных соединений выбирается комплекс неразрушающего контроля: визуальный и измерительный контроль в объеме 100%, капиллярный контроль в объеме 25%, ультразвуковой контроль в объеме 10%, т.к. для задвижек свыше DN 200 рекомендуется использовать его и гидравлические испытания в объеме 100%. Для швов №1 и №2 также необходимо провести испытания на статическое растяжение, статический изгиб и на ударный изгиб, т.к. конструкция работает при температурах ниже минус 20 °С.

Таблица 32 – Методы и объем неразрушающего контроля сварных соединений

Категория сварного со- единения	Объем контроля			
	Визуальный и измерительный контроль	Капиллярный или магнитопорошковый контроль	Радиографический или ультразвуко- вой контроль	Гидравличес- кие испытания
		Углеродистые и низ- колегированные стали	Углеродистые и низколегированные стали	
1; I	100	100	100	100
2; II	100	100	50	100
3	100	50	25	100
4	100	25	10	100
5; III	100	-	-	-

Нормы поверхностных дефектов сварных соединений при визуальном контроле указаны в таблице 33.

Таблица 33 – Нормы поверхностных дефектов сварных соединений при визуальном контроле

Наименование дефекта	Максимально допускаемый дефект в свар- ных соединениях (наплавках) категорий Категории 3; 4; 5; III
Трещины; наплывы; прожоги; незаваренные 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 вклю- чения размером до 10 % толщины сваривае- мого металла, но не более 1,5 мм, в количествене более трех штук на каждые 100 мм длины щва
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 визуальном измерительном контроле указаны в таблице 34.

Таблица 34 – Нормы допустимости одиночных поверхностных включений сварных соединений 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	1,5	5
от 15,0 до 20,0	2,0	6

Нормы допустимости одиночных несплошностей при ультразвуковом контроле сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей перлитного класса указаны в таблице 35.

Таблица 35 – Нормы допустимости одиночных несплошностей при ультразвуковом контроле 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 соединения, шт. для категории сварного соединения
	минимально фиксируемая для категории сварного соединения	максимально допускаемая для категории сварного соединения	
	4	4	
Св. 10,0 до 20,0	3,5	7,0	8

Нормы допустимости одиночных несплошностей при ультразвуковом контроле сварных соединений из углеродистых и низколегированных сталей перлитного класса указаны в таблице 36.

Таблица 36 – 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		
	4	4	4
От 10,0 до 18,0 включ.	7,0	10,0	7
От 18,0 до 30,0 включ.	10,0	15,0	8

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.

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.

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

Нормы оценки при испытании на статический изгиб указаны в таблице 37.

Таблица 37 – 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.

Нормативные документы на методику испытаний:

- визуальный и измерительный контроль по ГОСТ Р ИСО 17637–2014[47];
- гидравлические испытания по ГОСТ 24054–80 [48];
- ультразвуковой контроль по ГОСТ Р 55724–2013[49];
- капиллярный контроль по ГОСТ 18442–80 [50].

10. Техника безопасности при сварке

В соответствии с ГОСТ 12.3.003–86 к технологическим процессам предъявляются следующие требования.

Организация технологических процессов сварки должна осуществляться в строгом соответствии с требованиями действующих нормативно-правовых актов, в частности Правил устройства электроустановок (ПУЭ), а также с положениями стандартов, регламентирующих безопасность труда на сварочных работах. При проектировании и реализации сварочных процессов особое внимание должно уделяться максимальной механизации, автоматизации и внедрению систем дистанционного управления сварочными операциями либо их отдельными этапами. Такие меры направлены на повышение производительности, минимизацию влияния человеческого фактора и существенное снижение уровня профессиональных рисков.

Обязательным элементом организации сварочного производства является принятие мер по локализации и нейтрализации опасных и вредных производственных факторов, возникающих при выполнении сварочных работ. К ним относятся, в частности, излучение сварочной дуги, выделение вредных газов и аэрозолей, воздействие электрического тока, инфракрасного и ультрафиолетового излучения.

В нормативной документации, регламентирующей конкретные виды сварки, требования по обеспечению безопасности должны устанавливаться в соответствии с базовыми положениями стандартов в области охраны труда и промышленной безопасности, а также учитывать специфические особенности применяемых технологий.

При выполнении механизированной сварки использование стационарных, переносных или встроенных в сварочное оборудование локальных систем вытяжной вентиляции является обязательным. Местные воздухоприемники должны обеспечивать эффективное удаление вредных веществ непосредственно из зоны их образования, предотвращая их распространение в рабочее пространство.

Сварка изделий средних и малых размеров в условиях стационарного производства должна осуществляться в специально оборудованных сварочных кабинах. Конструктивные требования к таким кабинам включают:

- наличие открытого верхнего проёма для обеспечения естественного воздухообмена;
- использование для стенок негорючих материалов, обеспечивающих пожарную безопасность;
- наличие зазора между стенками и полом, высота которого определяется характером выполняемых сварочных работ, для улучшения вентиляции;
- достаточную площадь для свободного размещения сварочного оборудования, рабочего стола, устройств местной вытяжной вентиляции, свариваемого изделия и необходимого инструмента. При этом свободная площадь на один сварочный пост должна быть не менее 3 м².

При сварке изделий на поточно-механизированных и автоматизированных линиях необходимо предусматривать установку встроенных вытяжных устройств в оснастке линий. Допускается также использование сварочного оборудования, оснащённого встроенными системами локальной вентиляции. Категорически запрещается проведение сварочных работ при неисправной или неработающей системе местной вытяжной вентиляции, поскольку это резко увеличивает риск отравления сварочными аэрозолями и нарушает санитарно-гигиенические нормативы.

Особые требования предъявляются к проведению сварочных работ в замкнутых и труднодоступных пространствах (например, резервуарах, трубопроводах малого диаметра, корпусах аппаратов). Такие работы относятся к категории особо опасных и могут выполняться исключительно по наряду-допуску с соблюдением следующих условий:

- установки контрольных постов для наблюдения за электросварщиками;
- наличия люка (люков) для прокладки коммуникаций и эвакуации работающих;
- непрерывной работы местной вытяжной вентиляции и средств, ис-

ключающих накопление вредных веществ в воздухе выше предельно допустимых концентраций и содержание кислорода менее 19% (по объему);

- наличия в сварочном оборудовании устройства прекращения подачи защитного газа при выключении напряжения в сварочной цепи;
- наличия ограничителя напряжения холостого хода при ручной дуговой сварке переменным током. Ограничитель, выполненный в виде приставки, должен быть заземлен отдельным проводником.

Перед началом сварочных работ на сосудах и ёмкостях, ранее использовавшихся для хранения горючих жидкостей или вредных веществ, необходимо провести комплекс обязательных подготовительных мероприятий. Согласно требованиям Правил технической эксплуатации (ПТЭ) и Правил техники безопасности (ПТБ), утверждённых Главгосэнергонадзором, подготовка включает следующие этапы:

- механическую очистку внутренних и наружных поверхностей сосуда от остатков горючих и опасных веществ;
- многократную промывку соответствующими растворителями или водой для удаления остаточных следов хранимых продуктов;
- тщательную просушку внутренних полостей с использованием тепловых установок или естественного испарения влаги;
- проветривание для удаления остаточных паров вредных веществ и насыщения атмосферы сосуда чистым воздухом.

После завершения очистительных процедур обязательной является проверка воздуха внутри сосуда на наличие взрывоопасных и токсичных паров. Испытания должны проводиться с применением сертифицированных газоанализаторов. Допуск к проведению сварочных работ выдается только в случае документально подтверждённого отсутствия опасной концентрации вредных веществ.

Особое внимание при организации сварочных работ следует уделить защите персонала от опасных факторов, связанных с оптическим излучением сварочной дуги. Это особенно актуально при сварке материалов, обладающих высокой отражательной способностью, таких как алюминий и его сплавы, сплавы

на основе титана, а также нержавеющей стали. Интенсивное отражение инфракрасного и ультрафиолетового излучения от поверхности свариваемых изделий создаёт дополнительную угрозу для зрения и кожи как самого сварщика, так и работников, находящихся в непосредственной близости от зоны проведения работ.

Стационарные посты сварки должны быть оборудованы местными отсосами. Объем удаляемого воздуха для стандартного сварочного стола от одного поста следует принимать не менее 1500 м³/ч, причем скорость всасывания в точке сварки должна быть не менее 0,2 м/с.

При сварке внутри закрытых и труднодоступных пространств следует удалять переносными воздухоприемниками от одного поста не менее 150 м³/ч воздуха. Размещение постов аргонодуговой сварки должно исключать возможность утечки и проникновения защитного газа в смежные и расположенные ниже помещения.

При ручной сварке штучными электродами следует использовать переносные малогабаритные воздухоприемники с пневматическими, магнитными и другими держателями.

При сварке торированными электродами необходимо выполнять требования основных санитарных правил при работе с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений и санитарных правил при сварке, наплавке и резке металлов, утвержденных Минздравом РФ.

Подача защитного газа при сварке торированными электродами должна прекращаться только после остывания конца торированного электрода спустя 20...30 по окончании сварки.

При выполнении автоматической сварки на установке, сварочная головка которой расположена на высоте более 1,6 м от уровня пола, должна быть предусмотрена рабочая площадка для оператора.

Площадка должна иметь неэлектропроводное покрытие и ограждение.

Встроенными в сварочное оборудование местными воздухоприемниками следует удалять воздух:

– при полуавтоматической сварке в СО на токах 250–500 А – не

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

менее 50 м/ч;

- при сварке в инертных и смесях газов, при автоматической сварке в СО
- не менее 150 м/ч воздуха.

Скорость всасывания для сварки в инертных газах и смесях не более 0,3 м/с, для сварки в активных газах и их смесях, а также для сварки в смесях активных газов с инертными не более 0,5 м/с.

Эксплуатация баллонов, контейнеров, со сжиженным газом и рамп должна осуществляться в соответствии с правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденными Госгортехнадзором РФ.

Процесс сварки под флюсом на стационарных постах требует строгого соблюдения технологических требований, направленных на обеспечение безопасности работ и поддержание санитарно-гигиенических условий труда. Для эффективной организации данного вида сварочных операций необходимо оснащение рабочих мест специализированным оборудованием, обеспечивающим механизацию ключевых этапов технологического процесса.

В частности, сварка под флюсом должна выполняться при наличии следующих устройств:

- механизированных систем для подачи флюса в зону сварки, позволяющих равномерно и непрерывно засыпать флюс в сварочную ванну;
- флюсоотсосов, оснащённых бункерами-накопителями для сбора избыточного количества флюса и предотвращения его рассеивания в рабочей зоне;
- фильтрационных установок, обеспечивающих очистку воздуха при его возврате в производственное помещение, с целью предотвращения загрязнения воздушной среды вредными примесями.

При выполнении сварочных работ с использованием полуавтоматических установок для сварки под флюсом необходимо применять передвижные или переносные флюсоотсасывающие аппараты. Это позволяет обеспечивать мобильность рабочих постов и поддерживать высокие стандарты чистоты воздуха в непосредственной зоне сварки.

Особое внимание должно уделяться защите сварщиков при выполнении операций, связанных с удалением шлаковых остатков после сварки. В случаях, когда удаление шлака осуществляется вручную, работник обязан быть снабжен полным комплектом средств индивидуальной защиты (СИЗ), включающим:

- защитные очки или щитки для предотвращения травм глаз осколками шлака;
- перчатки и рукавицы из жаропрочных материалов для защиты рук от ожогов и механических повреждений;
- спецодежду из негорючих материалов, защищающую тело от высокотемпературных частиц;
- респираторы или фильтрующие полумаски, предотвращающие вдыхание пыли и мелких частиц шлака.

Таким образом, организация сварки под флюсом должна предусматривать комплекс технических и организационных мер, направленных на повышение безопасности производственного процесса, сохранение здоровья работников и обеспечение соответствия установленным нормам охраны труда. Правильная техническая оснащённость рабочих мест, системная организация вентиляции и обязательное использование средств индивидуальной защиты являются необходимыми условиями для эффективного и безопасного выполнения сварочных работ данного типа.

Заключение

В рамках данной выпускной квалификационной работе была разработана проектная документация по элементам конструкции и технологии сварки корпуса клиновой сварной задвижки с выдвижным шпинделем диаметром DN 1400. 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 ручную дуговую сварку покрытыми электродами. Проведён выбор сварочных материалов с учётом типа основных металлов и технологических параметров процесса. Приведены марки и типы выбранных сварочных материалов, их химический состав и механические свойства, обеспечивающие необходимые характеристики сварных соединений.

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

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.

Также в работе были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, возникающие при выполнении сварочных работ, включая воздействие сварочного аэрозоля, электромагнитного излучения и высокой температуры. Разработан комплекс мероприятий по снижению уровня профессиональных рисков, предложены эффективные средства индивидуальной защиты для сварщиков и вспомогательного персонала.

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 используемых источников

1. **Сварочное производство, виды сварки, роль сварки в машиностроении и ремонтном производстве** [Электронный ресурс] – Первое изд. – 2016: [сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/5707000/page:4/> (дата обращения: 27.04.2025)
2. **Кузьмин, А.С. Сварка металлов: виды и особенности**/ А.С. Кузьмин, М.Ю. Ляпунов// cyberleninka.ru/ [Электронный ресурс] / Кафедра сварки, литья и технологии конструкционных материалов, Тульский государственный университет. – Тула, 2020.
3. **Овсеенко, В. Сварка в XXI веке** [Электронный ресурс] – Первое изд. 2016: [сайт]. URL: <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tehnicheskoe-tvor-chestvo/2016/03/10/svarka-v-21-veke> (дата обращения: 05.06.2025)
4. **Виды сварных конструкций** [Электронный ресурс] – Первое изд. – 2015: [сайт]. URL: <http://weldzone.info/technology/teoriya-svarki/883-vidy-svarnykh-konstrukcij> (дата обращения: 27.04.2025)
5. **Способ механизированной дуговой сварки плавящейся сварочной проволокой** [Текст]: пат. 2630404 Российская Федерация, МПК В23К 9/022/ И.В. Стрельников; заявитель и патентообладатель: И.В. Стрельников. – № 2016146949; заявл. 29.11.2016; опубл. 29.05.2018, Бюл. №16 (I ч.). – 6 с: ил.
6. **Автоматическая установка скорости подачи проволоки и её контроль в сварочном полуавтомате** [Текст]: пат. 2682360 Российская Федерация, МПК В23К 9/12/ Н.Я. Волхов; заявитель и патентообладатель: Н.Я. Волхов. – № 2017130254; заявл. 25.08.2017; опубл. 19.03.2019, Бюл. №8 (I ч.). – 7 с: ил.
7. **Способ ручной сварки** [Текст]: пат. 2636216 Российская Федерация, МПК В23К 9/05, Ернстрем Петтери, Тииликка Веса, Мяки Маркку, Вейкколайнен Микко; заявитель и патентообладатель: Агентство патентных поверенных «АРС-Патент». – № 2014148527; заявл. 27.05.2013; опубл. 21.11.2017, Бюл. №33 (I ч.). – 10 с: ил.
8. **Переносное устройство для подачи сварочной проволоки**

[Текст]: пат. 202866 Российская Федерация, МПК В23К 9/133, В23К 9/32/ О.С. Павлов; заявитель и патентообладатель: О.С. Павлов. – № 2020132557; заявл. 02.10.2020; опубл. 11.03.2021, Бюл. №8 (I ч.). – 12 с: ил.

10. **Машины, приборы и другие технические изделия** [Текст]: ГОСТ 15150–69. – Введ. 1971 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2010. – V, 13 с.

11. **Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением** [Текст]: Приказ Ростех-надзора от 15.12.2020 №536 – 368 с.

12. **Арматура трубопроводная. Таблицы фигур и условные обозначения** [Текст]: СТ ЦКБА 036–2017. – Введ. 2017 – 06 – 01. – М.: НПФ «ЦКБА», 2019. – VI, 163 с.

13. **Арматура трубопроводная. Корпуса и крышки. Нормирование статической прочности** [Текст]: СТ ЦКБА 003–2003. – Введ. 2004 – 04 – 01. – М.: НПФ «ЦКБА», 2003. – II, 91 с.

14. **Арматура трубопроводная. Поковки, штамповки и заготовки из проката** [Текст]: СТ ЦКБА 010–2004. – Введ. 2005 – 01 – 01. – М.: НПФ «ЦКБА», 2019. – XI, 54 с.

15. **Арматура трубопроводная. Задвижки на номинальное давление не более PN 250** [Текст]: ГОСТ 5762–2002. – Введ. 2003 – 07 – 01. – М.: Стандартиформ, 2005. – III, 33 с.

16. **Задвижки. Основные параметры** [Текст]: ГОСТ 9698–86. – Введ. 1988 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2005. – I, 36 с.

17. **Задвижки. Строительные длины** [Текст]: ГОСТ 3706–93. – Введ. 1995 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2005. – I, 10 с.

18. **Арматура трубопроводная. Классы и нормы герметичности затворов** [Текст]: ГОСТ 9544–2015. – Введ. 2016 – 04 – 01. – М.: Стандартиформ, 2015. – II, 55 с.

19. **Задвижки клиновые сварные с выдвижным шпинделем** [Текст]: ТУ 26–07–1137–00. – Введ. 2000 – 01 – 01. – М.: Пензтяжпромармату-

ра, 2015. – I, 13 с.

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

21. **Инженерно - технологические основы подготовки сварочного производства** [Текст]: учебное пособие / под редакцией доктора технических наук, профессора А.Е. Розена. – Пенза: Изд – во ПГУ, 2010. – 276 с

22. **Арматура трубопроводная. Металлы, применяемые в арматуростроении. Основные требования к выбору материалов** [Текст]: ГОСТ 33260– 2015. – Введ. 2016 – 04 – 01. – М.: Стандартиформ, 2015. – I, 69 с: ил.

23. **Прокат толстолистовой и широкополосный из конструкционной качественной стали** [Текст]: ГОСТ 1577–93. – Введ. 1997 – 01 – 01. – М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – I, 79 с: ил.

24. **Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей** [Текст]: ГОСТ 1050–2013. – Введ. 2015 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2014. – II, 34 с: ил.

28. **Сталь углеродистая обыкновенного качества** [Текст]: ГОСТ 380– 2005. – Введ. 2008 – 07 – 01. – М.: Стандартиформ, 2009. – VIII, 9 с.

28. **Нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные** [Текст]: ГОСТ 5632–2014. – Введ. 2015 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2015. – IV, 49 с.

29. **Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до PN 250** [Текст]: ГОСТ 33259–2015. – Введ. 2016 – 04 – 01. – М.: Стандартиформ, 2016. – I, 102 с: ил.

30. **Нормы расчета на прочность стационарных котлов и трубопроводов пара и горячей воды** [Текст]: РД 10–249–98. – Введ. 2001 – 09 – 01. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2010. – I, 342 с: ил.

31. **Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчёта на проч-**

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

ность [Текст]: ГОСТ 14249–89. – Введ. 1990 – 01 – 01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008. – IV, 55 с: ил.

32. **Арматура и детали трубопроводов. давления номинальные, пробные и рабочие** [Текст]: ГОСТ 356–80. – Введ. 2008 – 07 – 01. – М.: Стандартиформ, 2006. – V, 22 с.

33. **Прокат листовой горячекатаный** [Текст]: ГОСТ 19903–2015. – Введ. 2016 – 09 – 01. – М.: Стандартиформ, 2016. – II, 12 с.

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

35. **Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные** [Текст]: ГОСТ 14771–76. – Введ. 1977 – 07 – 01. – М.: Стандартиформ, 2007. – II, 39 с: ил.

36. **Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры** [Текст]: ГОСТ 5264–80. – Введ. 1981 – 07 – 01. – М.: Стандартиформ, 2010. – V, 35 с: ил

37. **Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений** [Текст]: СТ ЦКБА 025–2006. – Введ. 2007 – 01 – 01. – М.: НПФ «ЦКБА», 2018. – V, 110 с: ил.

38. **Арматура трубопроводная. Сварка и контроль качества сварных соединений** [Текст]: ГОСТ 33857–2016. – Введ. 2018 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2017. – I, 88 с: ил.

39. **Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов** [Текст]: ГОСТ Р ИСО 14175–2010. – Введ. 2012 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2020. – I, 14 с.

40. **Проволока стальная сварочная** [Текст]: ГОСТ 2246–70. – Введ. 1973 – 01 – 01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008. – V, 14 с.

41. **Аргон газообразный и жидкий. Технические условия** [Текст]: ГОСТ 10157–2016. – Введ. 2017 – 07 – 01. – М.: Стандартиформ,

2019. – IV, 24 с: ил.

42. **Двуокись углерода газообразная и жидкая** [Текст]: ГОСТ 8050–85. – Введ. 1987 – 01 – 01. – М.: Стандартиформ, 2006. – IV, 27 с: ил.

43. **Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства** [Текст]: ПБ 03–273–99. – Введ. 1998 – 10 – 01. – М.: Госгортехнадзор, 1999. – I, 30 с.

44. **Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства** [Текст]: РД 03–495–02. – Введ. 2002 – 07 – 01. – М.: Госгортехнадзор, 2002. – I, 81 с: ил.

45. **Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов** [Текст]: РД 03–614–03. – Введ. 2003 – 06 – 19. – М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2002. – II, 61 с.

46. **Инженерно- технологические основы подготовки сварочного производства** [Текст]: учебное пособие / под редакцией доктора технических наук, профессора А.Е. Розена. – Пенза: Изд – во ПГУ, 2010. – 276 с

47. **Контроль неразрушающий. Визуальный контроль соединений, выполненных сваркой плавлением** [Текст]: ГОСТ Р ИСО 17637–2014. – Введ. 2014 – 09 – 30. М.: Стандартиформ, 21. с: ил.

48. **Изделия машиностроения и приборостроения. Методы испытаний на герметичность. Общие требования** [Текст]: ГОСТ 24054–80. – Введ. 1987 – 01 – 01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – I, 8 с.

49. **Контроль неразрушающий. соединения сварные. Методы ультразвуковые** [Текст]: ГОСТ Р 55724–2013. – Введ. 2013 – 11 – 08. – М.: Стандартиформ, 2019. – I, 27 с: ил.

50. **Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования** [Текст]: ГОСТ 18442–80. – Введ. 1980 – 05 – 15. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – I, 16 с: ил.

51. **Система стандартов безопасности труда. работы электро-сварочные** [Текст]: ГОСТ 12.3.003–86. – Введ. 1988 – 01 – 01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – I, 16 с: ил.

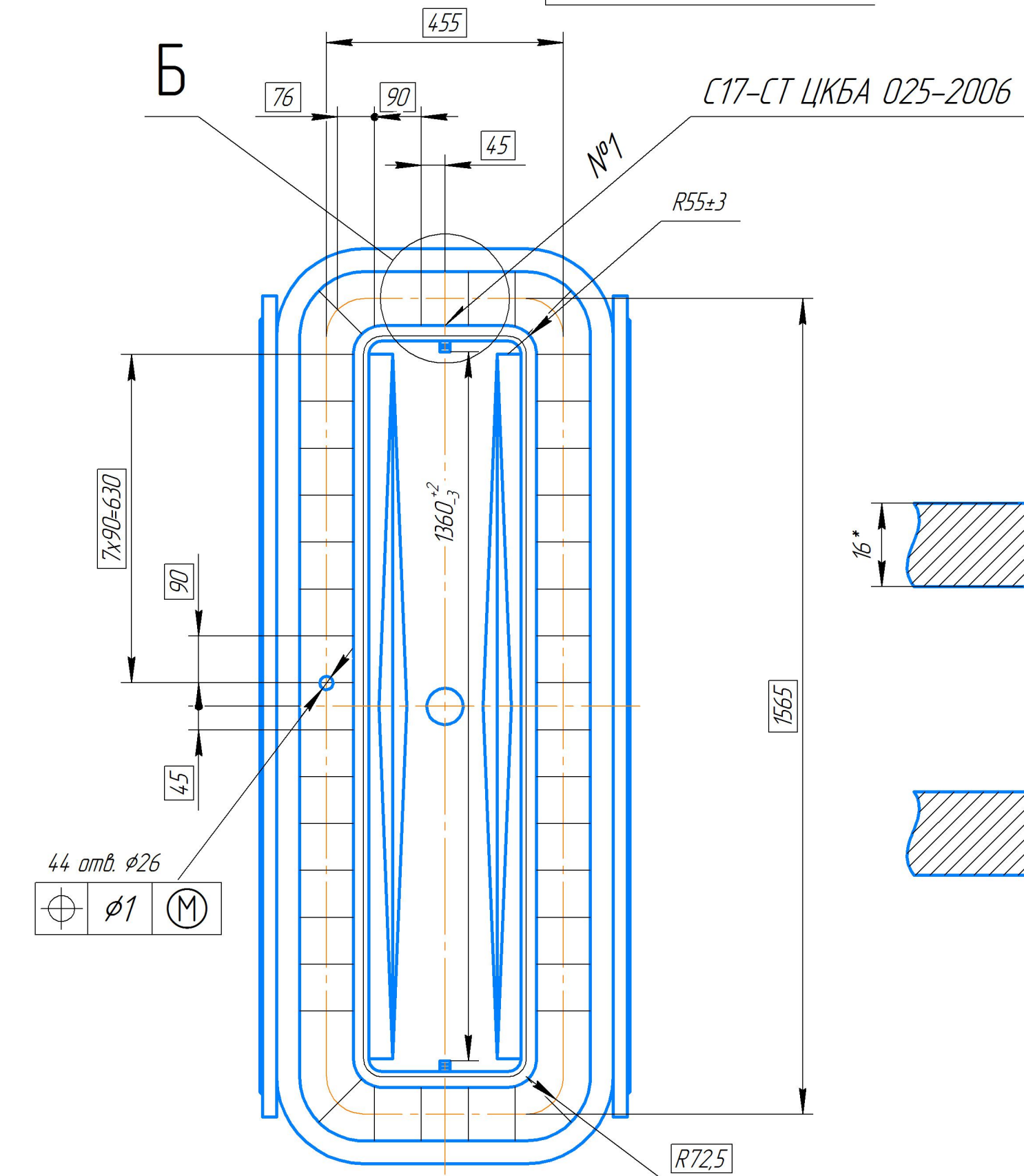
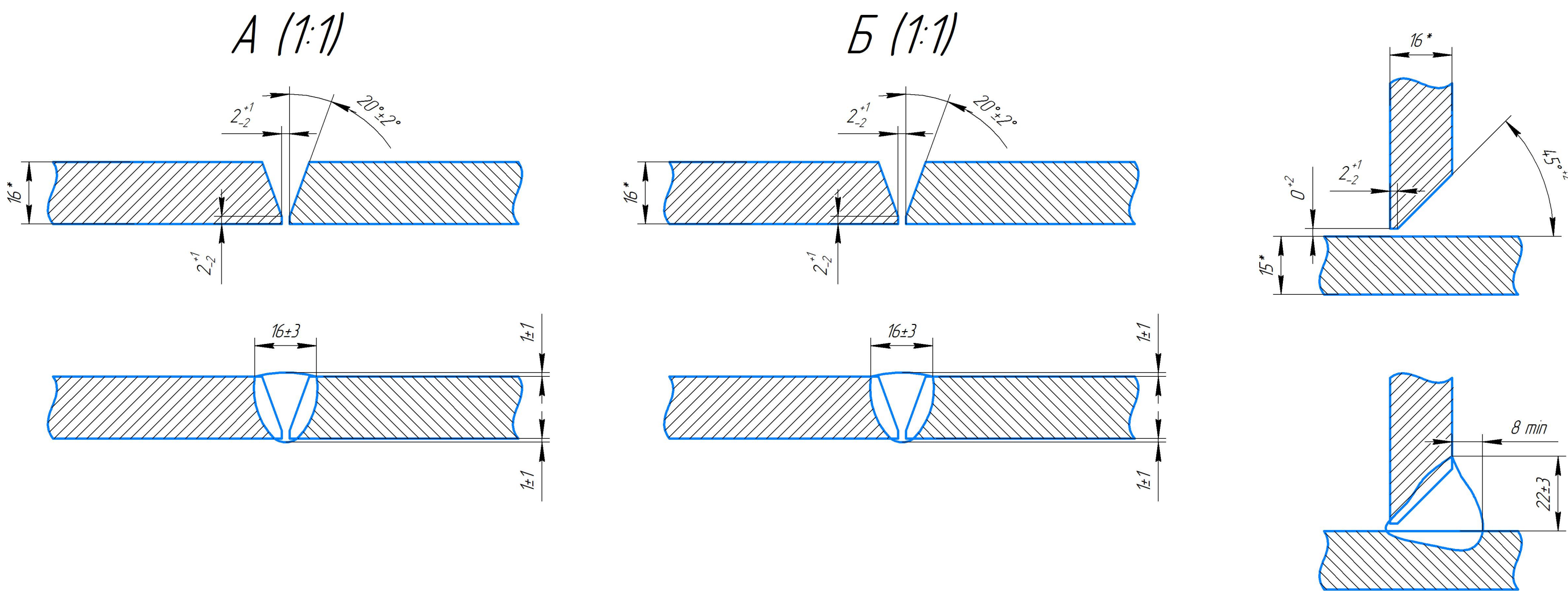
дательство стандартов, 2019. – II, 11 с

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						<i>93</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Приложение А

Карты технологического процесса сварки

					<i>ПГУ.ВКР.15.03.01.21МО117.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						94
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



Технические характеристики	
Наименование параметра	Значение
Назначение	Запорное устройство
Условный проход (DN), мм	1400
Номинальное давление (PN), МПа	0,16
Расчетное давление, МПа	0,15
Допустимая максимальная температура стенки, °C	плюс 300
Допустимая минимальная температура стенки, °C	минус 60
Расчетная температура стенки, °C	плюс 300
Минимальная допустимая отрицательная температура стенки, находящаяся под давлением, °C	минус 60
Наименование рабочей среды	Жидкие и газообразные нетоксичные среды
Давление при гидроспытаниях, МПа	0,6
Форма	Цилиндрическая
Основной материал	Сталь 20
Скорость коррозии, мм/год, не более	0,3
Прибавка на коррозию, мм	3
Расчетный срок службы, лет	10
Назначенный срок службы, лет	10
Длина, мм	1668
Ширина, мм	710
Высота, мм	2277

- 1 *Размеры для справок.
- 2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 3 Допускается угловое смещение отверстий Б относительно отверстий В не более 1,5 мм.
- 4 Исполнения из Ст3сп и стали 20 подвергнуть отпуску; исполнения из сталей 08х18Н10Т и 10Х17Н13М3Т подвергнуть отпуску при температуре 375... 400°C, выдержка 6... 10 часов.
- 5 Сварные швы - по ГОСТ 14771-76.
- 6 Подготовка к сварке, сварка и контроль качества - по инструкции 0718.25000. 00045 (сварные швы №5, 7, 8, 9, 11, 12, 47 V категории 4 вида).
- 7 Методы контроля сварных швов - см. ПТ13004-1400. ПИ.
- 8 Сварку углеродистых сталей произвести электродами марки УОНИ-13/45 ГОСТ 9466-75 или проволокой св-08Г2С ГОСТ 2246-70, углеродистой стали с коррозионностойкой - электродами марки ОЗ/А-6 ГОСТ 9466-75 или проволокой св-08Х20Н9Г7Т ГОСТ 2246-70, коррозионностойких сталей - электродами марки ЗА-400/104 ГОСТ 9466-75.
- 9 Допускается не производить приварку ребра (поз. 14) к коробке корпуса (на длине магистрального фланца) и патрубку по поверхности Л.
- 10 Допускается не производить приварку всех ребер к коробке корпуса на радиусных участках.
- 11 Маркировать заводской номер и год изготовления шрифтом 10 ударным способом после сборки с крышкой.
- 12 Клеимо сварщика.

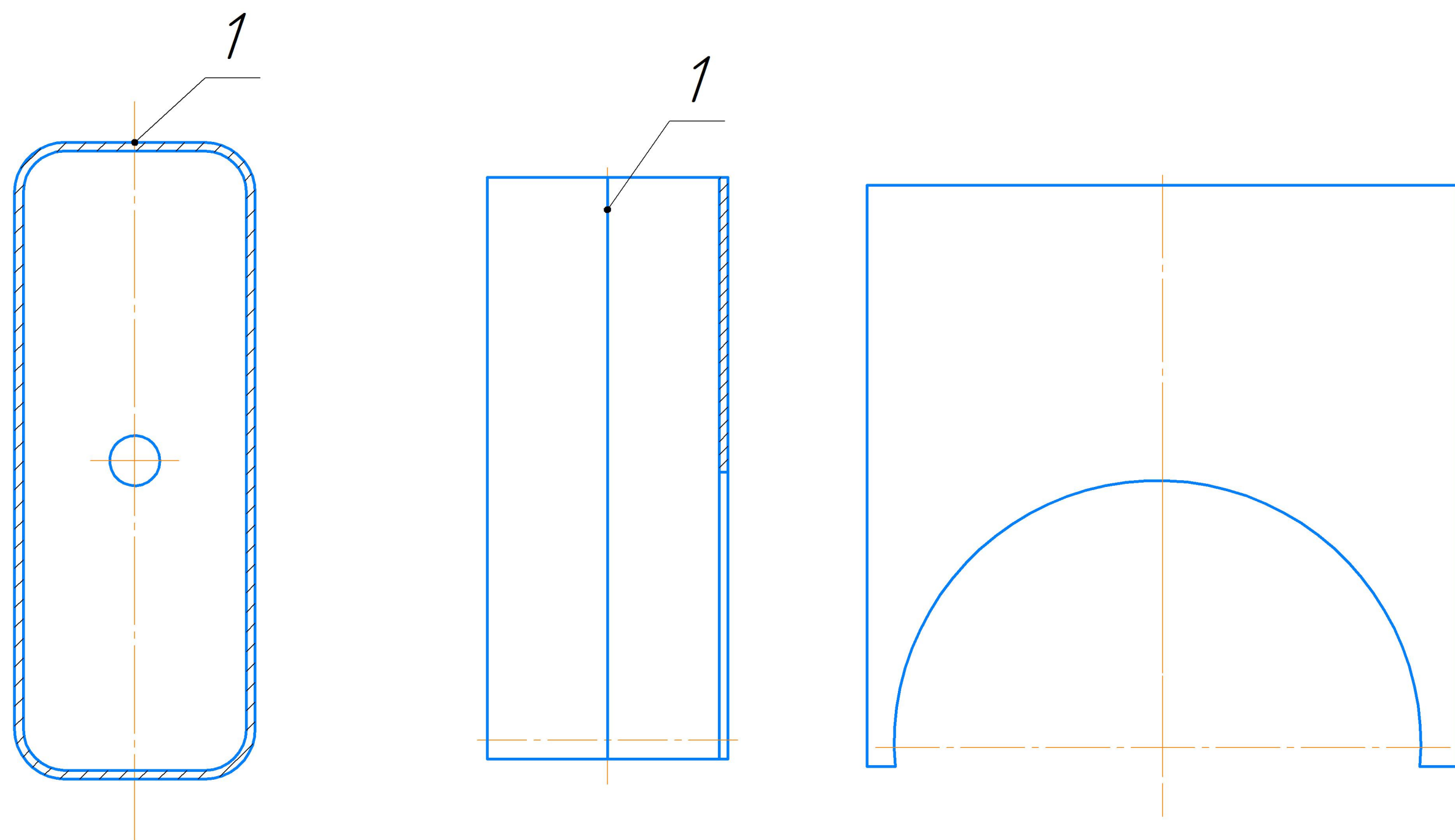
				ПГУ 1.3.15.03.01.01117. СБ					
Изм/Лист	№ док-м.	Подп.	Дата	Корпус подвижки Сборочный чертёж		Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Станчак Е.С.					A		1216,0	1:10
Проб.	Казанцев И.А.					Лист		Листов 1	
Т.контр.	Казанцев И.А.								
Н.контр.	Харин А.В.			Сталь 20 ГОСТ 1050-2013		гр. 21МОС1			
Утв.	Розен А.Е.					каф. КИМ			

Заготовительные операции и материалы

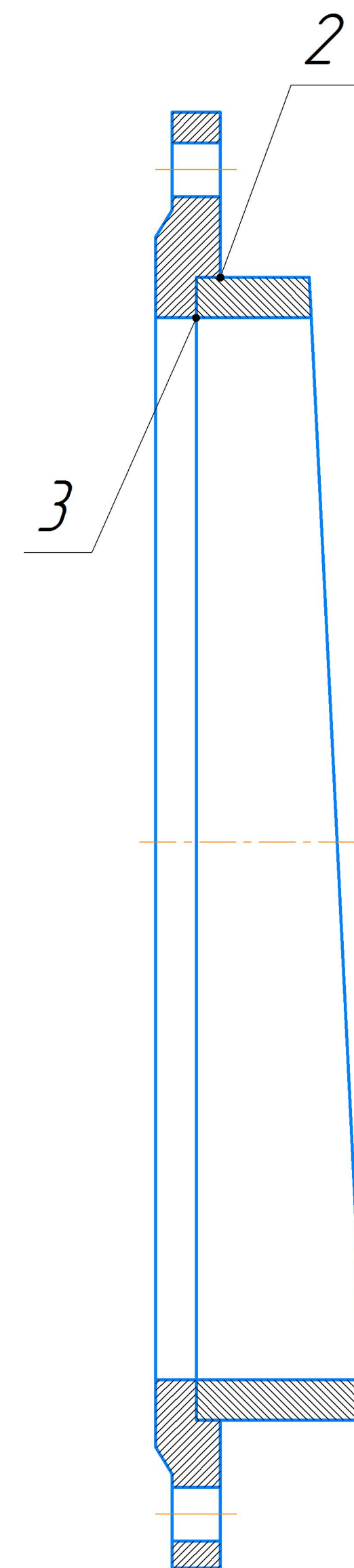
Наименование деталей	Материал	Сортамент	Заготовительные операции с применяемым оборудованием	Толщина, мм
Патрубок	20	Лист $\frac{Б-ПН-0-15 \times 3200 \times 1000 \text{ ГОСТ } 19903 - 2015}{\text{Сталь } 20-ТВ1-М1-ТО \text{ ГОСТ } 1577 - 93}$	Резка – Станок для гидроабразивной резки Flow Mach 100; Мех. обработка – Угловая шлифмашина AEG WS13-125SXЕК; Кромкорез ВМ-20 plus; Вальцевание – 4-х валковый листогибочный станок Акуарак АНС 20-13	15
Коробка корпуса	20	Лист $\frac{Б-ПН-0-16 \times 3700 \times 1900 \text{ ГОСТ } 19903 - 2015}{\text{Сталь } 20-ТВ1-М1-ТО \text{ ГОСТ } 1577 - 93}$	Резка – Станок для гидроабразивной резки Flow Mach 100; Мех. обработка – Угловая шлифмашина AEG WS13-125SXЕК; Кромкорез ВМ-20 plus; Штамповка – Гидравлический штамповочный пресс модели PKZZIII-315 1 FS	16
Днище	20	Лист $\frac{Б-ПН-0-15 \times 2500 \times 1000 \text{ ГОСТ } 19903 - 2015}{\text{Сталь } 20-ТВ1-М1-ТО \text{ ГОСТ } 1577 - 93}$	Резка – Станок для гидроабразивной резки Flow Mach 100; Мех. обработка – Угловая шлифмашина AEG WS13-125SXЕК; Кромкорез ВМ-20 plus; Штамповка – Гидравлический штамповочный пресс модели PKZZIII-315 1 FS	15

				ПГУ.ВКР.15.03.01.21М0117.ТЧ3				
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Заготовительные операции и материалы		Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Станчак Е.С.							
Проб.	Казанцев И.А.							
Т.контр.	Казанцев И.А.							
Н.контр.	Харин А.В.					Лист 3	Листов 6	
Утв.	Розен А.Е.					Каф. "СПиМ", гр. 21М01		

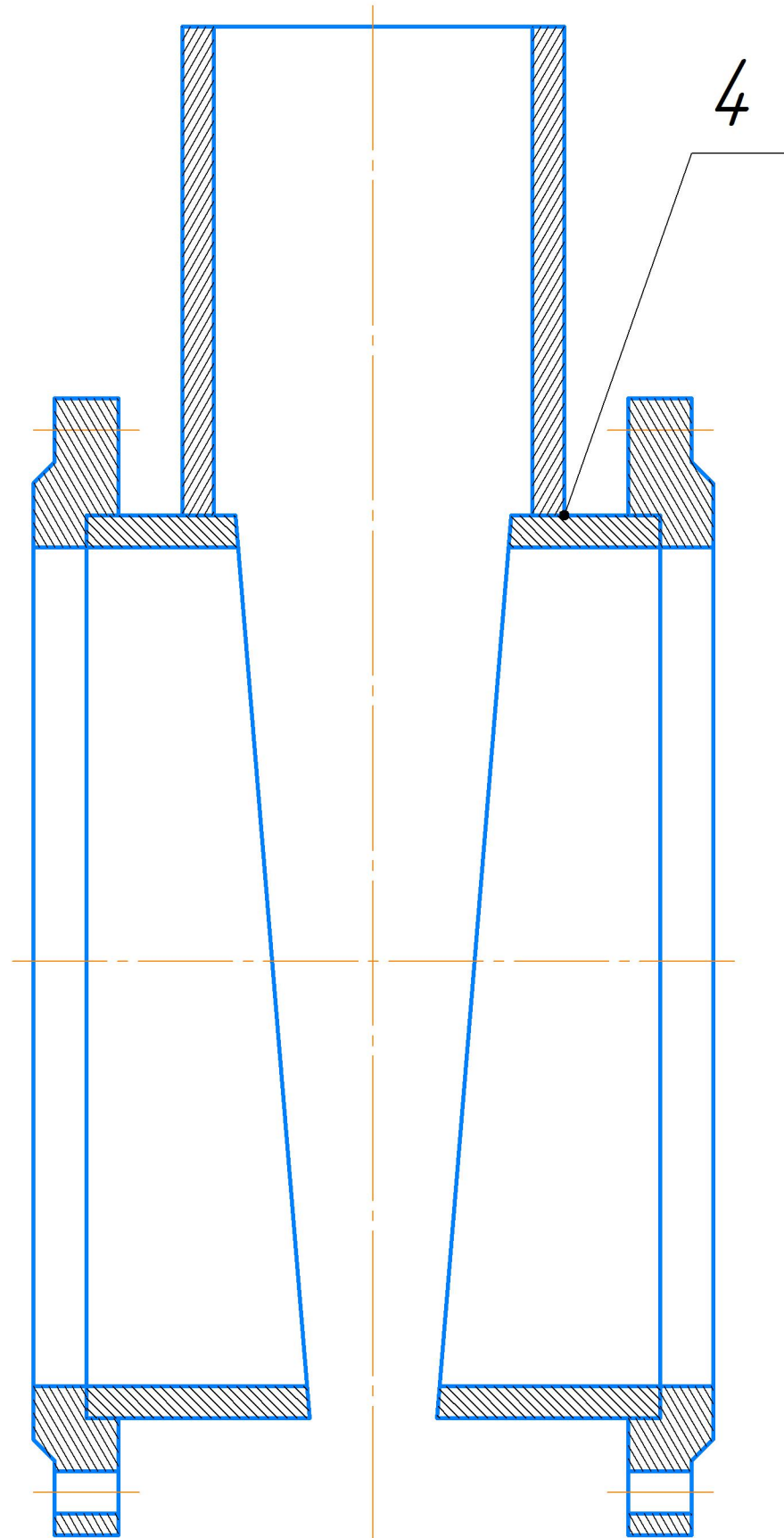
I. Сварка полукорпусов



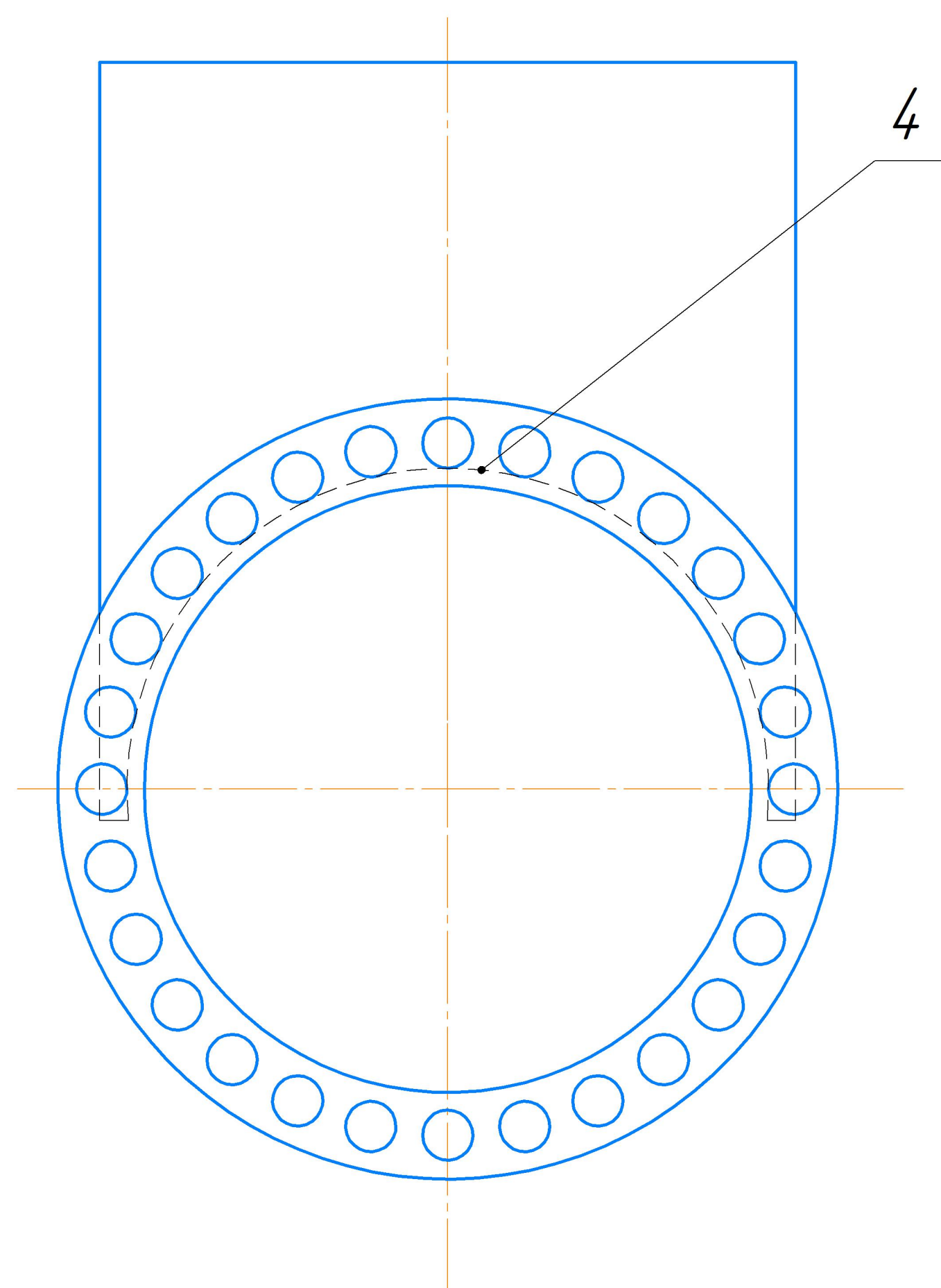
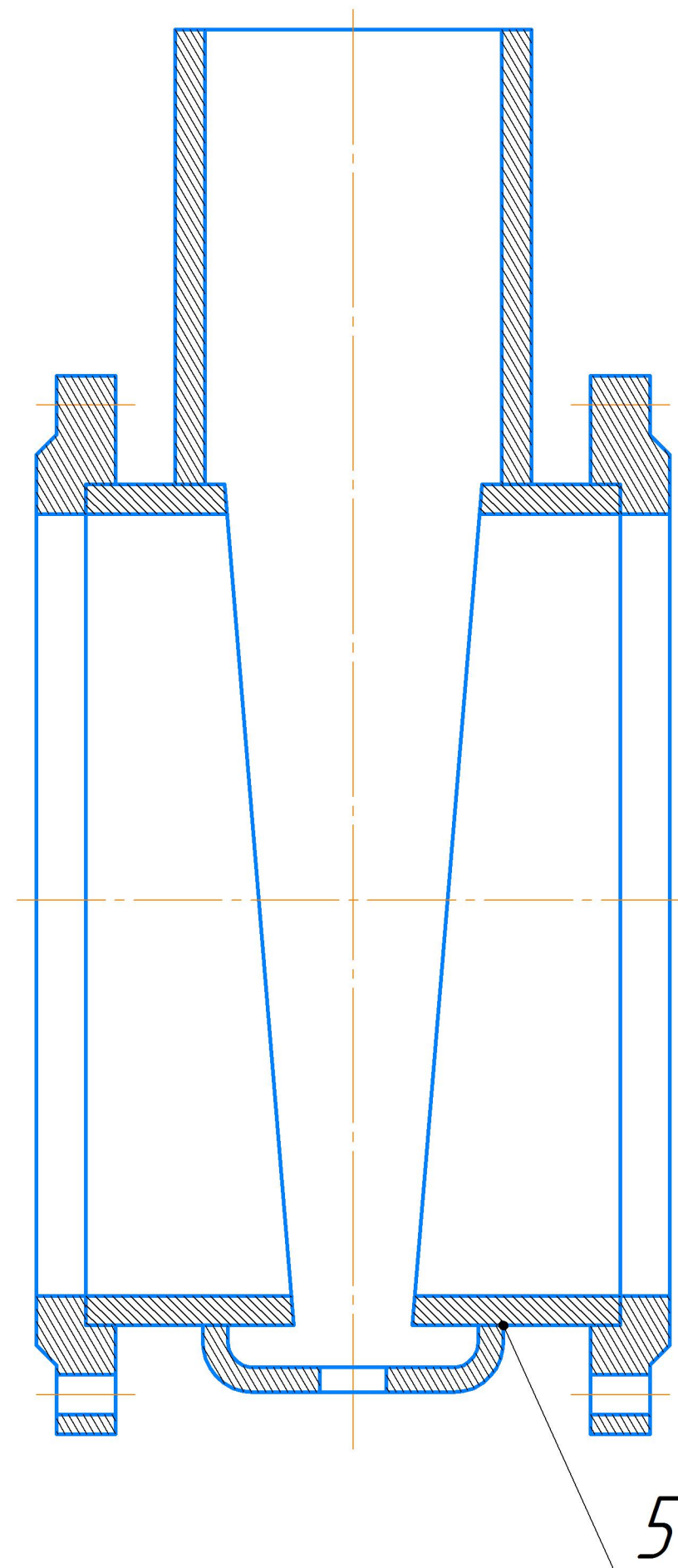
II. Сварка фланцев



III. Приварка патрубков к корпусу

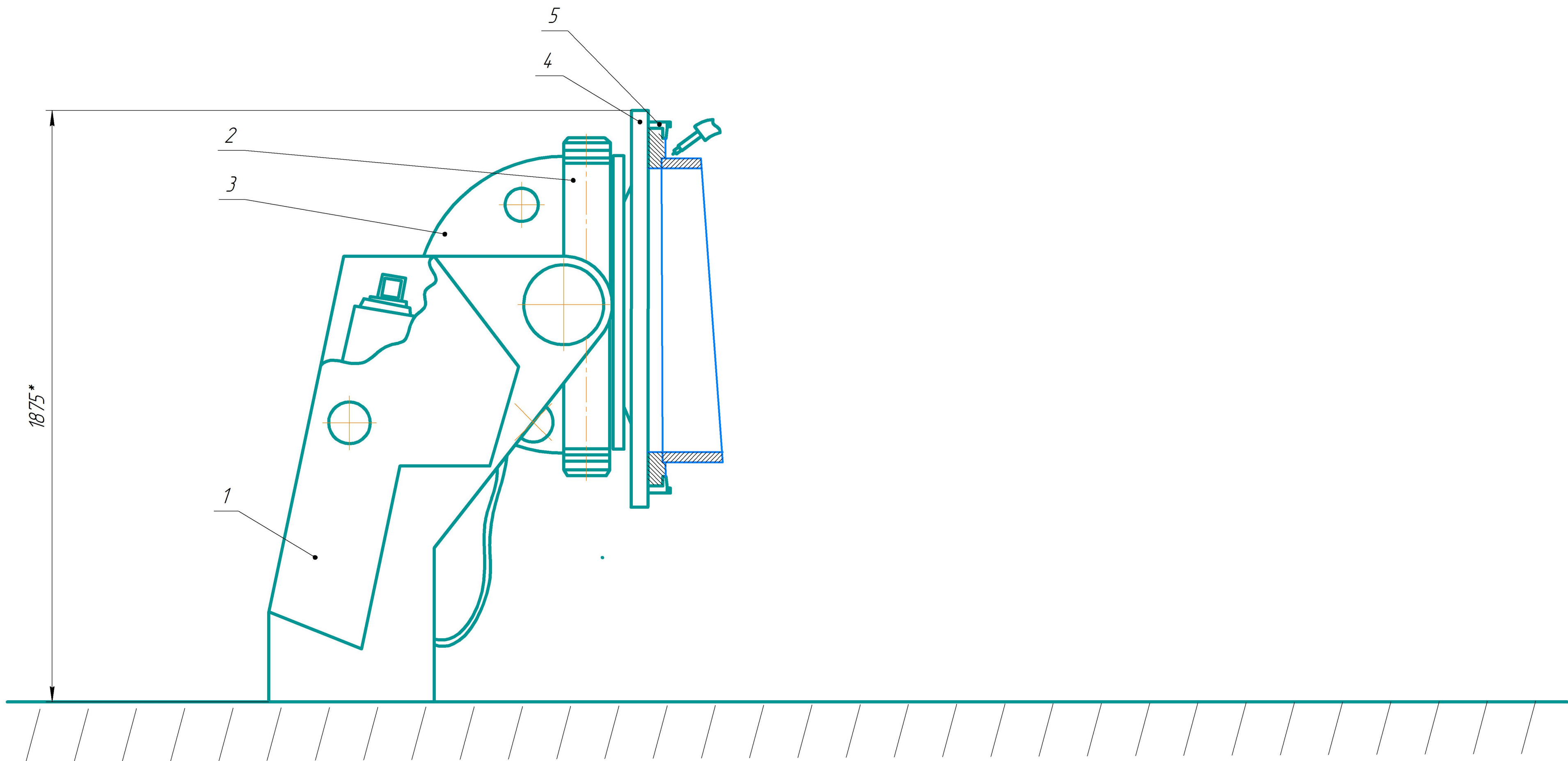


IV. Приварка днища

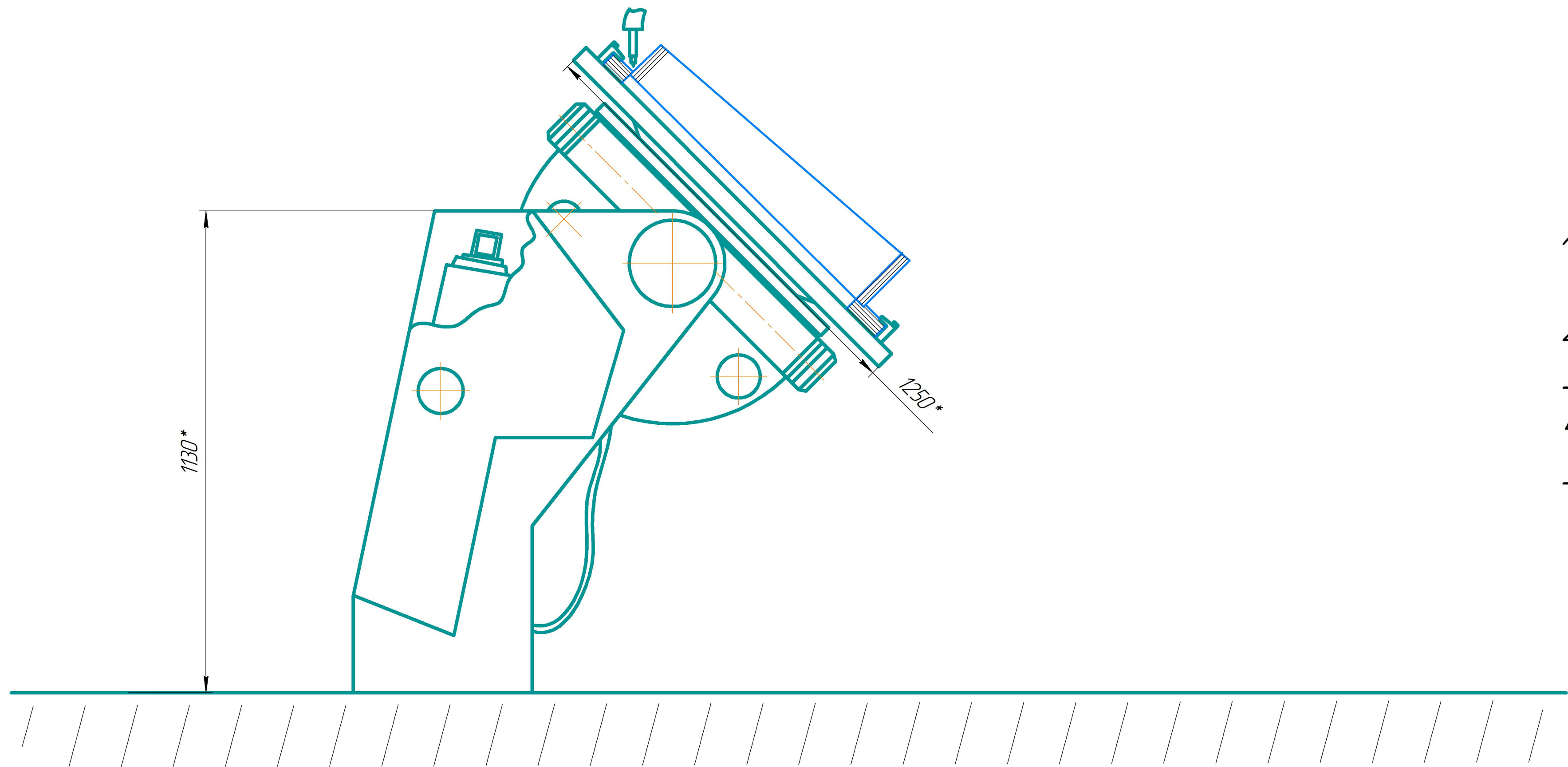


1. Сборка и сварка полукорпусов по ГОСТ 14 771 – 76.
2. Сборка и приварка фланцев к патрубкам по ГОСТ 14 771 – 76.
3. Сборка и приварка фланцев к патрубкам по ГОСТ 14 771 – 76.
4. Сборка и приварка патрубков к корпусу по ГОСТ 5264 – 80.
5. Сборка и приварка днища к патрубкам по ГОСТ 14 771 – 76.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.21М0112.ТЧ4				
					Порядок сборки и сварки корпуса задвижки				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб		
Разраб.		Станчак Е.С.							
Проб.		Казанцев И.А.							
Т.контр.		Казанцев И.А.			Лист	4	Листов 6		
Н.контр.		Харин А.В.			Каф. "С/ПМ",				
Утв.		Разен А.Е.			гр. 21М01				



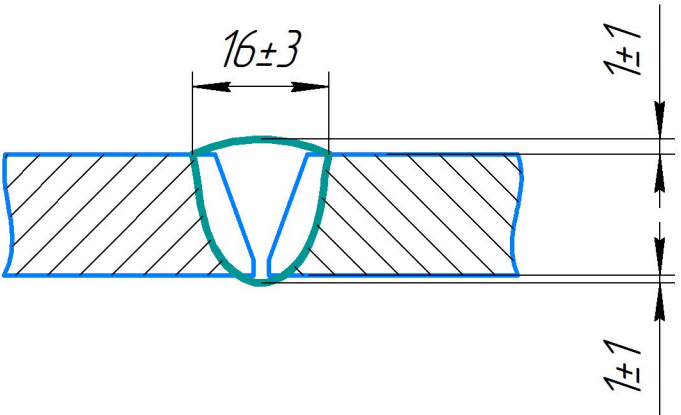
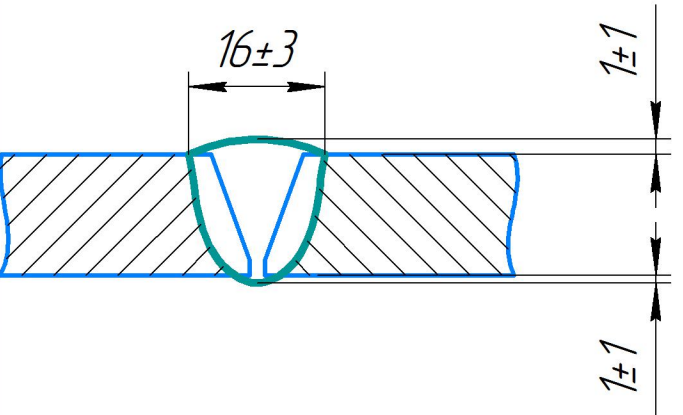
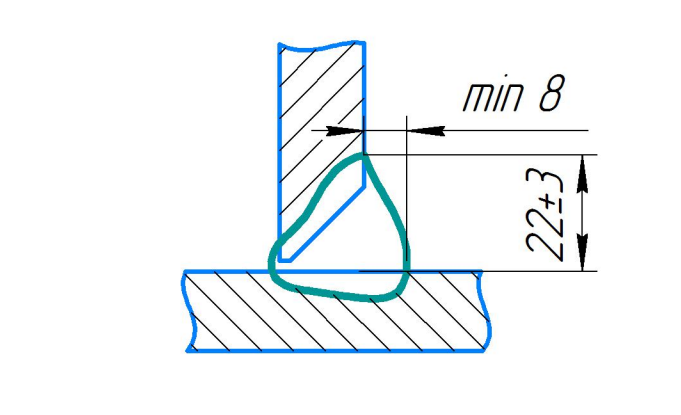
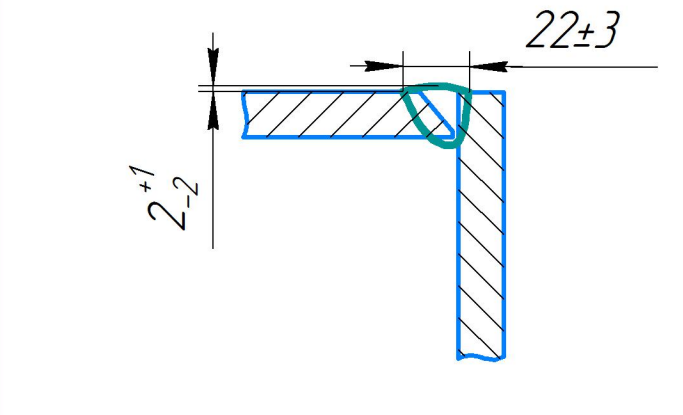
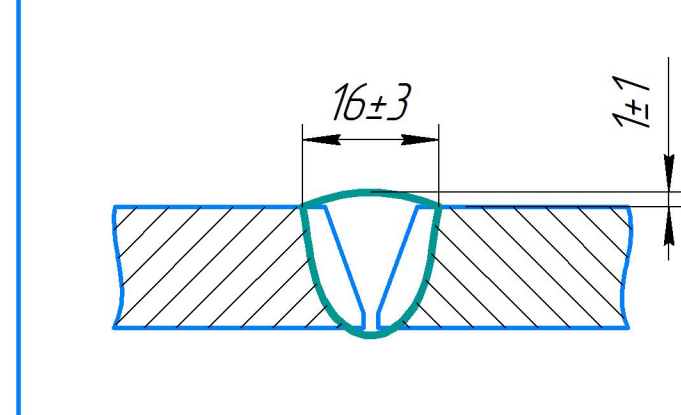
Обозначения:
1 – станина;
2 – стол поворотный;
3 – сектор;
4 – планшайба;
5 – держатель;



Характеристики вращателя WICON WPOZ 3000:
1. Грузоподъёмность – 3000 кг;
2. Крутящий момент – 120 кг*м;
3. Скорость вращения планшайбы – 0,1 – 1,0 об/мин;
4. Диаметр планшайбы – 1250 мм;
5. Масса – 1850 кг.

				ПГУ.ВКР.15.03.01.21М0117 Т45			
				Средства технологического оснащения			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Станчак Е.С.						1:15
Проб.	Козанцев И.А.				Лист 5	Листов 6	
Т.контр.	Козанцев И.А.				Каф. "СЛПМ",		
Н.контр.	Харин А.В.				гр. 21М01		
Утв.	Разен А.Е.				Формат А1		

Методы контроля сварных швов и КСС

Номер сварного шва		1	2	3	4	5
Эскиз сварного шва						
Обозначение сварного шва		С17 ГОСТ 14771-76	С17 ГОСТ 14771-76	Т6 ГОСТ 5264-80	У6 ГОСТ 14771-76	С4 СТ ЦКБА 025-2006
Методы контроля	Визуальный и измерительный контроль 100%	+	+	+	+	+
	Ультразвуковой 10%	+	+	+	+	+
	Капиллярный 25%	+	+	+	+	+
	Гидравлические испытания 100%	+	+	+	+	+
	Статическое растяжение	+	+	-	-	+
	Статический изгиб	+	+	-	-	+
	Ударный изгиб	+	+	-	-	+