

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Факультет Кафедра
машиностроения и транспорта Сварочное, литейное производство
(наименование) и материаловедение
(наименование)
Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Профиль (код и наименование)
«Оборудование и технология
сварочного производства»
(наименование)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
на тему
«Разработка технологии сборки и сварки кранового узла Ду 700
мм газопровода из стали 09Г2С»

Студент

Пеньшин 15.06.18
(подпись, дата)

Пеньшин Антон Петрович (ф.и.о.
полностью)

Научный руководитель
к.т.н., доцент

Казанцев 15.06.18
(подпись, дата)

Казанцев И.А.
(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр
к.т.н., доцент

Хорин 18.06.18
(подпись, дата)

Хорин А.В.
(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 04.06.18 № 11)

Заведующий кафедрой

Логинов 15.06.18
(подпись, дата)

Логинов О.Н.
(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой отлично (протокол заседания ГЭК от 18.06.2018 № 5)

Секретарь ГЭК
к.т.н., доцент

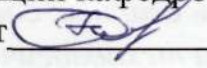
Гуськов 18.06.2018
(подпись, дата)

Гуськов М.С.
(фамилия, инициалы)

Пенза 2018

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

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой СЛПиМ
к.т.н., доцент  О.Н. Логинов

« 8 » 12 2017 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу

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

Пеньшин Антон Петрович.

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

Время выполнения ВКР: с 8.12.2017 г. по 01.07.2018 г.

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

Тема работы: Разработка технологии сборки и сварки кранового узла Ду 700 мм газопровода из стали 09Г2С.

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

Техническое задание на работу (серийность выпуска изделия, назначение изделия, технология сборки и сварки): Разработать технологию сборки и сварки кранового узла с учетом единичного производства.

- производство: единичное;
- Крановый узел предназначен для ограничения или полного прекращения транспортировки газа на время ремонтных работ, проводящихся на газопроводах.

Объем 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;
- выбор материалов изделия с обоснованием;
- определение геометрических размеров, толщин стенок, проверка условий прочности;
- разработка технологического процесса изготовления конструкции;
- выбор методов и объема контроля качества сварных соединений;
- заключение – выводы и обоснования по теме работы и полученным результатам.

Графическая часть бакалаврской работы (перечень и содержание плакатов)

- общий вид кранового узла 1лА1;
- технологические параметры режимов сварки 1л А1;
- схема сборки и сварки кранового узла 2л А1;
- контроль сварных соединений и КСС 1л А1;
- средства технологического оснащения 1л А1;
- дефекты сварных соединений при сварке крановых узлов 1лА1;

Рекомендуемая литература:

1. Магистральные газопроводы [Текст]: СТО Газпром 2-2.1-249-2008 – Введ. 2009-01-12. – ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – I, 110 с.: ил.

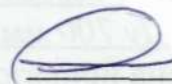
2. Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов [Текст]: СТО Газпром 2-2.2-136-2007. – Введ. – 2007-22-01. – М.: ПАО «Газпром», 2007, 83 с.

3. Магистральные трубопроводы [Текст]: СНиП III-42-80. – Введ. – 2007-20-02. – М.: ФГУП ЦПП, 2004, 173 с.

Дата выдачи задания: 08.12.2017 г.

Руководитель ВКР:

к.т.н., профессор



И.А. Казанцев

Задание к исполнению принял студент

гр. 14МО1



А.П. Пеньшин

08 декабря 2017 г.

Выпускную квалификационную работу к защите допустить

Декан факультета машиностроения и транспорта

Политехнического института ПГУ

ОПОП освоена в полном объеме.
К государственной итоговой
аттестации допустить

С.Ю. Киреев

Аннотация

Выпускная квалификационная работа состоит из расчетно-пояснительной записки общим объемом 75 с., 9 рис., 34 табл., 25 использованных источников, 1 прил. и 7 листов графического материала формата А1.

ГАЗОПРОВОД, РАСЧЕТ, КРАНОВЫЙ УЗЕЛ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНТРОЛЬ, МАТЕРИАЛЫ

Объектом разработки является сварная конструкция кранового узла Ду 700 газопровода.

Предметом исследования является процесс сборки и сварки кранового узла из стали 09Г2С.

Цель работы: разработка технологии сборки и сварки кранового узла из стали 09Г2С в соответствии с НТД.

Задачи выпускной квалификационной работы:

- а) проанализировать объект производства;
- б) спроектировать сварную конструкцию изделия;
- в) разработать технологию сборки и сварки изделия с выбором материалов, оборудования и средств технологического оснащения.

В работе был проанализирован базовый вариант и разработана усовершенствованная технология сборки и сварки кранового узла путем замены: сварки электросварного тройника на сварку тройникового соединения.

Эффективность спроектированной сварной конструкции и разработанной технологии определяется высокой экономичностью на основе операций сборки и сварки кранового узла. Разработанная технология может применяться для изготовления кранового узла из стали 09Г2С.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Да-	Разработка технологии сборки и сварки кранового узла Ду 700 мм газопровода из ста- ли 09Г2С.	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Пеньшин А.П.						
Провер.		Казанцев И.А.					2	75
						Кафедра «СЛПиМ», группа 14МО1		
Н. контр.		Хорин А.В.						
Утв.		Логинов О.Н.						

Содержание

Введение.....	5
1 Литературно-патентный обзор.....	7
2 Анализ объекта производства.....	10
2.1 Служебное назначение конструкции изделия.....	10
2.2 Основные требования, предъявляемые к изделию.....	10
3 Расчет и проектирование элементов конструкции изделия.....	13
3.1 Обоснование выбора материалов изделия	13
3.2 Оценка свариваемости основных материалов конструкции.....	15
3.3 Определение геометрических размеров элементов конструкции.....	16
3.4 Определение толщины стенки труб, соединительных деталей и запорной арматуры.....	19
3.5 Проверка условий прочности.....	25
3.6 Расчет сварных швов.....	30
4 Разработка технологии сборки и сварки изделия.....	38
4.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления конструкции.....	38
4.2 Заготовительные операции.....	38
4.3 Сборка кранового узла под сварку	39
4.4 Технология и параметры предварительного и сопутствующего подогрева сварных соединений	42
4.5. Технология сварки кранового узла.....	43
4.6 Ремонт сварных соединений.....	48
4.7 Выбор сварочных материалов.....	50
4.8 Расчет параметров режимов сварки.....	52
4.8.1 Расчет режимов ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия шва №1	52

4.8.2 Расчет режимов ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия шва №2	57
4.8.3. Расчет режимов ручной дуговой сварки электродами с основным видом покрытия шва №3	59
4.9 Выбор сварочного оборудования.....	61
5 Контроль качества сварных соединений.....	63
5.1 Визуально измерительный контроль.....	63
5.2 Ультразвуковой контроль.....	65
5.3 Радиографический контроль.....	65
5.4 Гидравлические испытания	66
5.5 Механические испытания	66
6 Выбор и модернизация средств технологического оснащения.....	68
6.1 Расчет прижимного устройства.....	69
Заключение.....	72
Список используемых источников.....	73
Приложение	76

Введение

В настоящее время значение сварки трудно переоценить. Она применяется во многих отраслях человеческой жизни, начиная от сельского хозяйства и заканчивая сваркой в космосе. Популярность данного способа соединения элементов из различных материалов объясняется довольно легко. Одним из самых главных преимуществ сварки является ее экономичность. На данный момент сварка вытеснила все способы неразъемного соединения деталей и по объему производимой продукции уверенно занимает первое место.

Основными задачами проектирования сварных конструкций является задание необходимой прочности, жесткости и устойчивости отдельных частей конструкции при этом обеспечивая требования экономичности и надежности.

Сварная конструкция должна обеспечивать возможность использования заготовок, полученных различными путями, а также возможность использования в сварных конструкциях различных материалов.

Также необходимо обеспечить связь отдельных сварных частей, выполненных с помощью сварки, сочетать в себе преимущества многокомпонентных и однородных изделий.

Существует большое множество различных сварных конструкций, из-за чего затруднена их классификация. Сварные конструкции можно классифицировать по методу получения заготовок, по целевому назначению, в зависимости от толщины сварных элементов или по применяемым материалам, однако если целью является проектирование и изготовление сварных конструкций, то наиболее рациональной является классификация в зависимости от особенности их эксплуатации. Если классифицировать сварную конструкцию, проектируемую в данном курсовом проекте, то относиться она будет к оболочковым конструкциям.

Рассматриваемый в курсовом проекте крановый узел относится к классу трубопроводов.

Трубопровод—это сооружение, предназначенное для транспортировки жидких, газообразных и твердых (сыпучих) продуктов. Трубопроводы состоят из плотно соединённых между собой прямых участков труб, деталей, запорно-

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматизации, опор и подвесок, крепежа, прокладок и уплотнений, а также материалов, применяемых для тепловой и антикоррозионной изоляции. К основным видам соединительных деталей трубопроводов относят переходы, отводы, тройники, заглушки, штуцера и переходные кольца.

Крановые узлы – это важнейшая часть трубопроводных систем, позволяющая регулировать, а при необходимости блокировать поток нефти или газа.

По принципу действия они делятся на регулирующие, предохранительные и запорные. Применяемые на магистральных трубопроводах крановые узлы по характеру работы подразделяются на арматуру линейной части трубопровода и арматуру, обслуживающую насосные, распределительные и компрессорные станции.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

1 Литературно – патентный обзор

В предлагаемой выпускной квалификационной работе рассматривается технология сборки и сварки кранового узла Ду 700 мм газопровода изготавливаемого на ПАО «Газпром Трансгаз Нижний Новгород».

Для определения технического уровня предлагаемых способов изготовления крановых узлов необходимо провести литературно-патентный обзор.

Литературно-патентный обзор выполняется с целью выяснения современного состояния научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по рассматриваемой проблеме. Тематика обзора должна отвечать решению главных задач проекта, быть направлена на изучение передовых достижений отечественной и зарубежной техники.

Дата составления регламента – 10.04.2015 г.

Объект поиска: крановый узел Ду 700 мм газопровода из стали 09Г2С.

Цель поиска информации: выявление патентной и научно-технической информации, позволяющей исследовать технический уровень и тенденции развития технологии сварки кранового узла Ду 700 мм газопровода из стали 09Г2С.

Вид исследований и вид поиска: патентные исследования, тематический поиск.

Начало поиска: 10.05.2015. Завершение поиска: 30.05.2015.

Предмет поиска: технологии сварки кранового узла Ду 700 мм газопровода из стали 09Г2С.

Страна поиска: Россия.

Ретроспективность: 10 лет.

Выбранные элементы регламента приведены в таблице 1. В ней указаны также индексы МПК (международная патентная классификация). В заголовке таблицы регламента указано общее название исследуемого объекта.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Таблица 1– Регламент поиска

Предмет поиска	Индекс МПК	Широта поиска	Глубина поиска	Источники информации
Электродуговая сварка с использованием защитных газов	<i>B23K9/16</i>	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Способ электродуговой сварки под флюсом	<i>B23K9/18</i>	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Технология сварки стали 10Г2ФБЮ	<i>B23K35/06</i>	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС
Технология сварки стали 09Г2С	<i>B23K9/14</i>	Россия	10 лет	Реестр изобретений Российской Федерации ФИПС

B23K9/14 –сварные конструкции работающие под давлением из высоколегированной стали; *B23K9/16* – электродуговая сварка с использованием защитных газов; *B23K9/18* – дуговая сварка под флюсом; *B23K35/06* –электроды для дуговой сварки.

В результате поиска для последующего анализа были отобраны описания изобретений и способов, применимых для технологии сварки емкостных аппаратов. Результаты поиска приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты поиска

Предмет поиска (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи вид и номер охранного документа. Классификационный индекс МПК.	Заявитель (патентообладатель), страна, номер заявки, дата приоритета, дата публикации	Название изобретения (полной модели, образца)
Технология сварки стали 09Г2С	Россия, <i>RU135565U1</i> , <i>B23K35/06</i>	Булышев А.В., Россия, 2013134862/02 Приоритет 24.07.2013г 20.12.2013г	«Держаки для дуговой сварки» [1]
Технология сварки стали 10Г2ФБЮ	Россия, <i>RU2530107C1</i> , <i>B23K9/18</i>	Карзов Г.П., Россия, 2013112989/02 Приоритет 22.03.2013г 10.10.2014г	«Состав покрытия для сварки и наплавки электродами для низколегированных сталей»[2]

Проанализировав найденную информацию и сравнив ее, сделаем вывод применительно к технологии сварки крановых узлов. Современный технический уровень в области сварки крановых узлов идет в сторону повышения уровня механизации сварочных процессов, повышения производительности труда, совершенствования оборудования и сварочных материалов. Выбор ручной дуговой сварки, обосновываем тем, что в условиях единичного и мелкосерийного производства этот метод наиболее эффективен. Его эффективность выражается в доступной цене оборудования, небольшом сроке окупаемости нововведения. Совершенствуется состав сварочных электродов в сторону повышения защиты металла при сварке, придание ему требуемых механических свойств и химического состава, что в свою очередь сказывается на качестве сварного соединения.

После проведения литературно-патентного обзора определен технический уровень и тенденций развития в области технологии сварки крановых узлов, найдена патентная информация.

2 Анализ объекта производства

2.1 Служебное назначение конструкции изделия

Указанный в задании крановый узел предназначен для ограничения или полного прекращения транспортировки газа на время ремонтных работ, проводящихся на газопроводах.

Исходные данные: условный проход основного газопровода: Ду 700 мм, условный проход байпаса: Ду 200 мм, условное давление: $P_y = 5,5$ МПа, температура рабочей среды: от минус 45 до плюс 60 °С, температура окружающей среды: от минус 29 до плюс 40°С.

В качестве внешней среды указан воздух, влажность его не указана, поэтому считаем, что эксплуатация узла проводится в условиях нормальной влажности. Рабочей средой является природный газ, согласно ГОСТ 12.1.004-91[3] является неагрессивной средой. Таким образом рабочая и внешняя агрессивная среда отсутствует.

Согласно СНиП 2.05.06-85[4] все магистральные трубопроводы в зависимости от рабочего давления делятся на два класса. Данная конструкция относится к классу I – рабочее давление от 2,5 до 10,0 МПа включительно. Категория данной конструкции в зависимости от способа прокладки – I.

2.2 Основные требования, предъявляемые к элементам конструкции

Предельные отклонения по наружному диаметру корпуса труб должны соответствовать таблице 3.

Таблица 3– Предельные отклонения по наружному корпусу труб

Наружный диаметр	Предельное отклонение по косине реза
114,0...325,0 мм включительно	1,0 мм
325,0...426,0 мм включительно	1,5 мм
426,0...1020мм включительно	2,0 мм

Высота усиления всех наружных швов труб должна быть:

- а) от 0,5 до 2,5 мм – для труб с толщиной стенки менее 10 мм,
- б) от 0,5 до 3,0 мм – для труб с толщиной стенки 10 мм и более.

Высота усиления внутренних швов должна быть не менее 0,5 мм. На внутреннем шве допускается седловина или отдельные углубления до уровня основного металла.

Концы труб должны быть обрезаны под прямым углом. Предельные отклонения от прямого угла (косина реза) должны соответствовать таблице 4.

Таблица 4– Предельные отклонения от прямого угла

Наружный диаметр, мм	Предельное отклонение, мм
114,0...140,0	±1,1
146,0	±1,2
159,0...168,0	±1,5
168,0...325,0.	±2,0
325,0...426,0	±2,2
426,0...630,0	±3,0
630,0...1020,0	±4,0

Концы труб с толщиной стенки 5 мм и более должны иметь фаску под углом от 25 до 30°. При этом должно быть оставлено торцевое кольцо шириной от 1,0 до 3,0 мм.

К днищам предъявляются следующие требования:

- предельные отклонения толщины стенки днищ не должны превышать плюс 20 % и минус 15 % от номинального значения.
- заготовки для днищ допускается изготавливать сварными из нескольких частей. При этом выпуклость сварных соединений должна быть удалена до уровня основного металла.

К сварным тройникам предъявляются следующие требования:

- предельные отклонения толщины стенки сварных тройников (магистральной и ответвления) должны соответствовать допускаемым предельным отклонениям на толщину стенки применяемых труб.

–пример условного обозначения тройника штамповарного равнопроходного класса прочности К54, с наружным диаметром 1020 мм и толщиной кромки на конце тройника 18 мм, на рабочее давление 5,5 МПа при коэффициенте условий работы $m=0,6$, для климатического исполнения У: Тройник 1020 (18)-5,5-0,6-К54-У.

К отводам предъявляются следующие требования:

- штампованные и штамповарные отводы следует изготавливать с углами изгиба 30°, 45°, 60° и 90°.
- предельные отклонения на толщину стенки в любом сечении штампованных и штамповарных отводов не должны превышать плюс 30 % и минус 15 % от номинального значения;
- штамповарные отводы не должны иметь более двух продольных сварных швов.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

3 Расчет и проектирование элементов конструкции изделия

3.1 Обоснование выбора материалов изделия

Для магистральных газопроводов применяются трубы и СДТ классов прочности К42– К65, механические свойства которых представлены в таблице 5.

Таблица 5–Механические свойства основного металла труб и СДТ

Параметр	Класс прочности труб	Временное сопротивление, не менее, МПа	Предел текучести, не менее, МПа	Отношение предела текучести к временному сопротивлению, не более	Относительное удлинение, %, не менее
Значение	К65 (L555)	640	555	0,92	18,0
	К60 (L485)	590	485	0,9	20,0
	К56 (L450)	550	450	0,9	20,0
	К54 (L415)	530	415	0,9	20,0
	К52 (L390)	510	390	0,9	20,0
	К50 (L360)	490	360	0,9	20,0
	К48 (L290)	470	290	0,85	21,0
	К42 (L245)	415	245	0,85	21,0

В качестве материала магистральной трубы выбираем сталь 10Г2ФБЮ класса прочности 60(К60), так как данная конструкция относится к I категории по способу прокладки и является ответственной частью магистрального газопровода. Химический состав и механические свойства данной стали приведены в таблицах 6 и 7 соответственно.

Таблица 6– Химический состав стали 10Г2ФБЮ

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Nb	Ti	Al	Cu
Значение	0.09	0.15	1.55	до	до	до	до	0.08	до	0.2	0.01	0.02	до
	...	...	...	0.3	0.006	0.02	0.3	...	0.012	...	...	...	0.3
	0.12	0.5	1.75					0.12		0.5	0.03	0.05	

Таблица 7– Механические свойства стали 10Г2ФБЮ

Параметр	Сортамент	σ_B МПа	σ_T МПа	δ_5 %
Значение	Трубы, ГОСТ 10704-91 [6]	590	460	20

Для байпаса применяем Сталь 20 класса прочности 48(K48), так как данный элемент конструкции не несет постоянных нагрузок и не нуждается в материале с высокой прочностью и пластичностью. Химический состав и механические свойства данной стали приведены в таблицах 8 и 9 соответственно.

Таблица 8– Химический состав Стали 20

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
Значение	0.17... 0.24	0.17... 0.37	0.35... 0.65	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Таблица 9– Механические свойства Стали 20

Параметр	Сортамент	σ_B МПа	σ_T МПа	δ_5 %
Значение	Трубы, ГОСТ 8731-87 [7]	412	245	21

Для соединительных деталей трубопровода, а также для запорной и регулирующей арматуры выбираем сталь 09Г2С класса прочности 52(K52), так как данный материал широко применяется для производства труб и является основным материалом для производства соединительных деталей трубопроводов и запорной, а так же регулирующей арматуры. Химический состав и механические свойства данной стали приведены в таблицах 10 и 11 соответственно.

Таблица 10– Химический состав стали 09Г2С

Элемент	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
Значение	до 0.12	0.5... 0.8	1.3... 1.7	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08

Таблица 11– Механические свойства стали 09Г2С

Параметр	Сортамент	σ_B МПа	σ_T МПа	δ_5 %
Значение	Трубы, ГОСТ 10704-91	490	343	20

3.2 Оценка свариваемости основных материалов конструкции

Для оценки свариваемости стали применяют такую величину, как углеродный эквивалент $C_{\text{экв}}$.

Расчет углеродного эквивалента в пункте 3.2 выполнялись по СТО Газпром 2-2.1-249-2008 [5].

Углеродный эквивалент рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}, (3.1)$$

где $C_{\text{экв}}$ – углеродный эквивалент, %

C, Mn, Cr, Mo, V, Cu, Ni– значения концентрации соответствующих элементов, %

Углеродный эквивалент должен соответствовать требованиям, представленным в таблице 13.

Таблица 13–Требования к эквиваленту углерода основного металла труб и СДТ

Параметр	Класс прочности труб	$C_{\text{экв}}$ не более
Значение	K65	0,45
	K60	0,43 для труб 0,45 для СДТ
	K56	0,43
	K54	0,43
	K52	0,43
	K50	0,41
	K48	0,41
	K42	0,41

Рассчитаем углеродный эквивалент для стали 10Г2ФБЮ класса прочности 60(K60) по формуле 3.1

$$C_{\text{экв}} = 0,1 + \frac{1,55}{6} + \frac{0,15 + 0,1}{5} + \frac{0,15 + 0,15}{15} = 0,42 \%$$

Рассчитаем углеродный эквивалент для стали 09Г2С класса прочности 52(K52) по формуле 3.1

$$C_{\text{экв}} = 0,06 + \frac{1,5}{6} + \frac{0,15}{5} + \frac{0,15 + 0,15}{15} = 0,33 \%$$

Рассчитаем углеродный эквивалент для Стали 20 класса прочности 48(K48) по формуле 3.1

$$C_{\text{экв}} = 0,2 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,13}{5} + \frac{0,15 + 0,15}{15} = 0,33 \%$$

Все выбранные материалы удовлетворяют требованиям, предъявляемым к механическим свойствам и углеродному эквиваленту труб и соединительных деталей.

3.3 Определение геометрических размеров элементов конструкции

В данный крановый узел по проекту входят следующие элементы:

- трубы, изготовленные по ГОСТ 8731-87, ГОСТ 10704-91;
- заглушки, изготовленные по ГОСТ 6533-78[8];
- тройники и отводы, изготовленные по ГОСТ 17380-2001[9];
- краны шаровые Ду700 мм и Ду200 мм, изготовленные по ГОСТ 21345-2005[10].

При строительстве крановых узлов должны применяться:

- а) для магистрального газопровода–прямошовныетрубы с 1 продольным сварным швом;
- б) для обводной части газопровода –бесшовные трубы.

Согласно СТО Газпром 2-2.1-131-2007 [11] выбор труб производится в зависимости от конкретных условий работы трубопроводов по действующим техническим условиям и национальным стандартам.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

При выборе металла труб с учетом климатических условий районов, в которых будет проходить строительство, согласно СНиП 23-01-99[12] за расчетную (минимальную) температуру следует принимать значение температуры воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

Для региона, в котором будет эксплуатироваться проектируемый крановый узел, минимальная температура равна минус 29° С.

Исходя из условий, представленных в проекте, выбираем по ГОСТ 10704-91 магистральную трубу с наружным диаметром в 720 мм, так как он соответствует приведенному в задании условному проходу магистральной трубы Ду 700 мм.

В данном крановом узле присутствует байпас, который предназначен для обеспечения работы газопровода во время проведения ремонтных работ.

По ГОСТ 8731-87 из сортамента выбираем трубу с наружным диаметром 219 мм, так как он соответствует приведенному в задании условному проходу байпаса Ду 200 мм.

Днище— деталь, предназначенная для герметизации конца трубопровода. Допускается использовать заглушки(днища), изготовленные по ГОСТ 6533-78.

По ГОСТ 6533-78 для данной конструкции выбираем днище эллиптическое отбортованное стальное с внешним диаметром равным диаметру магистрального трубопровода. Его геометрические размеры представлены в таблице 14.

Таблица 14— Геометрические размеры днища

Параметр	$D_n(D_y)$, мм	h_1 , мм	h_n , мм
Значение	700,0	25,0	180,0

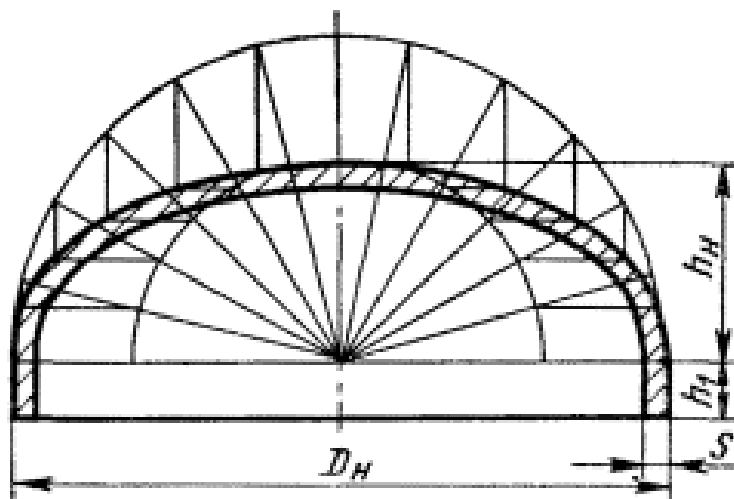


Рисунок 1 – Днище эллиптическое

Тройниковое соединение предназначено для присоединения к магистральной части кранового узла бокового ответвления.

Используемые штампованные тройники должны быть изготовлены в соответствии с ГОСТ 17376-2001 [13].

Согласно СТО Газпром 2-4.1-273-2008 [14] по проектным исходным данным назначаем тройниковое соединение с магистральным диаметром 720 мм и диаметром ответвления 219 мм, так же выбираем тройник равнопроходный с условным диаметром основной трубы и ответвления Ду 200 мм. Их геометрические данные представлены в таблице 15.

Таблица 15– Геометрические размеры тройников

Параметр	Условный диаметр магистрали, мм	Условный диаметр ответвления, мм	Размеры тройника	
			Полудлина, мм	Высота, мм
Значение	700,0	200,0	250,0	500,0
	200,0	200,0	250,0	300,0

Отвод– деталь, предназначенная для изменения направления трубопровода.

Используемые штампованные отводы должны изготавливаться по ГОСТ 17375-2001 [15].

По ГОСТ 17375-2001 выбираем отвод с Ду 200 мм и углом изгиба 90° для изменения направления трубы байпаса, его геометрические параметры представлены в таблице 16.

Таблица 16—Геометрические размеры отвода

Параметр	Номинальный наружный диаметр, мм	Условный диаметр, мм	Радиус изгиба, мм	Строительная длина, мм
Значение	219,0	200,0	200,0	200,0

По ГОСТ 28338-89 [16], ГОСТ 28908-91[17], ГОСТ 26349-84[18]исходя из начальных данных выбираем краны с геометрическими размерами и номинальным давлением, приведенными в таблице 17.

Таблица 17 – Геометрические размеры и условное давление шаровых кранов

Параметр	Номинальный наружный диаметр, мм	Условный диаметр, мм	Давление номинальное, МПа	Строительная длина, мм
Значение	219,0	200,0	6,3	660,0
	720,0	700,0	6,3	1549,0

3.4.Определение толщины стенки труб, соединительных деталей и запорной арматуры

Расчет толщин стенок и проверка условий прочности проводится по [6].

Для стали К60: $\sigma_y = 460$ МПа, $\sigma_u = 590$ МПа, $\sigma_y/\sigma_u = 0,78$; для стали К52: $\sigma_y = 343$ МПа, $\sigma_u = 490$ МПа, $\sigma_y/\sigma_u = 0,7$; для стали К48: $\sigma_y = 245$ МПа, $\sigma_u = 412$ МПа, $\sigma_y/\sigma_u = 0,59$.

Расчетная толщина стенки при условии $\sigma_y/\sigma_u < 0,8$ рассчитывается по формуле:

$$t_d = \frac{P_d \cdot D}{2 \cdot k_y \cdot F_y \cdot \sigma_y}, (3.2)$$

где t_d – толщина стенки рассчитываемого элемента, мм;

P_d – внутреннее давление, МПа;

D – Наружный диаметр трубы, мм;

k_y – поправочный коэффициент, зависящий от отношения характеристик стали σ_y/σ_u ;

σ_y – предел текучести материала трубы, МПа;

F_y – расчетный коэффициент по пределу текучести.

Коэффициент k_y в формуле 3.2 при условии $0,6 < \sigma_y/\sigma_u \leq 0,8$ определяется по формуле:

$$k_y = a - b \frac{\sigma_y}{\sigma_u}, (3.3)$$

где значения коэффициентов a и b принимаются в зависимости от категории участка газопровода и при условии $0,6 < \sigma_y/\sigma_u \leq 0,8$ определяются по таблице 18.

Таблица 18 – Значения коэффициентов k_y, a, b

Категория участка газопровода	$\sigma_y/\sigma_u \leq 0,6$	$0,6 < \sigma_y/\sigma_u \leq 0,8$	
	k_y	a	b
Н	1,25	2,0	1,25
С	1,333	2,333	1,667
В	1,4	2,6	2,0

Расчетный коэффициент по пределу текучести F_y выбирается по таблице 19.

Таблица19 – Значения расчетных коэффициентов в зависимости от категории участка газопровода

Категория участка газопровода	Расчетные коэффициенты	
	F_y	F_u
Н	0,72	0,63
С	0,60	0,52
В	0,50	0,43

Примечание: при выборе номинальной толщины стенки будем также принимать во внимание понятие разнотолщинности сварного соединения. Согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007[19]разнотолщинное сварное соединение – это кольцевое сварное соединение труб, труб с соединительными деталями трубопровода, запорной и регулирующей арматурой, у которых номинальные значения толщин стенок различаются на 2 мм и более. Такие соединения выполняют со специальными требованиями к подготовке, сборке, сварке и контролю, также требуется дополнительная технологическая оснастка, поэтому экономически целесообразно подбирать номинальные толщины стенок свариваемых труб и СДТ в диапазоне до 2мм.

Определяем поправочный коэффициент для стали К60 по формуле 3.3

$$k_y = 2,333 - 1,667 \cdot \frac{460}{590} = 1,03$$

Определяем толщину стенки для трубы, изготовленной из стали К60 по формуле 3.2

$$t_d = \frac{5,5 \cdot 720}{2 \cdot 1,03 \cdot 0,6 \cdot 460} = 6,96 \text{ мм}$$

Определяем поправочный коэффициент для стали К48 по формуле 3.3

$$k_y = 1,333$$

Определяем толщину стенки для трубы, изготовленной из стали К48 по формуле 3.2

$$t_d = \frac{5,5 \cdot 219}{2 \cdot 1,33 \cdot 0,6 \cdot 245} = 3,1 \text{ мм}$$

Определяем поправочный коэффициент для стали К52 по формуле 3.3

$$k_y = 2,333 - 1,667 \cdot \frac{343}{490} = 1,16$$

Определяем толщину стенки для трубы, изготовленной из стали К52 для трубы Ду 200 мм по формуле 3.2

$$t_d = \frac{5,5 \cdot 219}{2 \cdot 1,16 \cdot 0,6 \cdot 343} = 2,5 \text{ мм}$$

Определяем толщину стенки для трубы, изготовленной из стали К52 для трубы Ду700 мм по формуле 3.2

$$t_d = \frac{5,5 \cdot 720}{2 \cdot 1,16 \cdot 0,6 \cdot 343} = 8,29 \text{ мм}$$

В качестве номинальной толщины стенки трубы следует принять ближайшее большее значение толщины стенки по стандартам на трубы и СДТ.

Принимаем по ГОСТ 10704-91 для стали К60 $t_n = 8$ мм; для стали К52 $t_n = 10$ мм.

Принимаем по ГОСТ 8731-87 для стали К48 $t_n = 6$ мм; для стали К52 $t_n = 6$ мм.

Толщина стенки для тройникового соединения определяется по формуле:

$$T_h = \eta \cdot t_d, (3.4)$$

где η – коэффициент несущей способности.

Для тройниковых соединений коэффициент η определяется по формуле:

$$\eta = a \cdot \xi + b, (3.5)$$

где коэффициенты a, b определяются по таблице 20,

ξ – коэффициент, определяемый по формуле:

$$\xi = \frac{d_{e1}}{d_{e2}}, (3.6)$$

где d_{e1} и d_{e2} – внешние диаметры ответвления тройника и его магистральной частью соответственно.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Таблица 20 – Значения коэффициентов a, b для тройниковых соединений

$\xi = \frac{d_{e1}}{d_{e2}}$	сварные безусливающихся элементов		сварные усиленные накладками		бесшовные и штампованные	
	a	b	a	b	a	b
0,00...0,15	0	1,0	0	1,0	0,22	1,0
0,15...0,50	1,6	0,76	0	1,0	0,62	0,94
0,50...1,00	0,1	1,51	0,46	0,77	0,1	1,05

Определяем коэффициент ζ для тройникового соединения по формуле 3.6

$$\xi = \frac{219}{720} = 0,3$$

По таблице 20 выбираем коэффициенты a, b для сварного тройника, усиленного накладкой, при $\zeta = 0,3$ коэффициенты a, b будут равны 0 и 1 соответственно.

Определяем коэффициент η для тройникового соединения по формуле 3.5

$$\eta = 1$$

Толщину стенки магистральной части тройникового соединения определяем по формуле 3.4

$$T_{h1} = 1 \cdot 8,29 = 8,29 \text{ мм}$$

Принимаем $T_{h2} = 10 \text{ мм}$.

Толщину стенки ответвления тройникового соединения определяем по формуле 3.4

$$T_{h2} = 1 \cdot 2,5 = 2,5 \text{ мм}$$

Принимаем $T_{h2} = 8 \text{ мм}$.

Определяем коэффициент ζ для тройника ТШС 219К52-5,5-0,75-УХЛ ТУ 102-488-05[20] по формуле 3.6

$$\xi = \frac{219}{219} = 1$$

Определяем коэффициент η для тройника ТШС 219К52-5,5-0,75-УХЛ
ТУ 102-488-05 по формуле 3.5

$$\eta = 0,1 \cdot 1 + 1,05 = 1,15$$

Толщину стенки для тройника ТШС 219К52-5,5-0,75-УХЛ
ТУ 102-488-05 определяем по формуле 3.4

$$T_{h1} = 1,15 \cdot 2,5 = 2,88 \text{ мм}$$

Для равнопроходного штамповарного тройника толщина стенки по магистральной равна толщине стенке ответвления.

Принимаем $T_{h1} = T_{h2} = 8 \text{ мм}$.

Толщина стенки отводов определяется по формуле:

$$T_u = \eta \cdot t_d, (3.7)$$

где T_u – толщина стенки отвода, мм;

η – коэффициент несущей способности отвода;

t_d – расчетная толщина стенки условной трубы, имеющей диаметр и материал данного отвода, мм, определяется по формуле 3.2.

Коэффициент η определяется по таблице 21.

Таблица 21 – Значения коэффициента несущей способности отводов

Параметр	Значение		
Отношение радиуса кривизны отвода к его наружному диаметру	1,0	1,5	2,0 и более
Коэффициент несущей способности отвода	1,3	1,15	1,0

В соответствии с ГОСТ 17375-2001 для крутоизогнутых штамповарных отводов с углом изгиба 90° отношение радиуса кривизны отвода к его наружному диаметру принимается равным 1,5.

Определяем толщину стенки отвода ОКШ 90° -219-5,5-0,75-К52-УХЛ
ТУ 102-488-05 по формуле 3.7

$$T_u = 1,15 \cdot 3,1 = 2,88 \text{ мм}$$

Принимаем $T_u = 8 \text{ мм}$.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Толщина стенки кранов Ду 200 мм и Ду 700 мм определяется по формуле:

$$t_k = \frac{P_d \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - P_d}, (3.8)$$

где t_k —расчетная толщина стенки, мм;

σ – допускаемое напряжение, МПа.

Допускаемое напряжение определяется по формуле:

$$\sigma = \min \left\{ \frac{\sigma_s}{2,6}; \frac{\sigma_m}{1,5} \right\} \text{ МПа.} (3.9)$$

Определяем допускаемое напряжение для стали 09Г2С по формуле 3.9

$$\sigma = \min \left\{ \frac{490}{2,6}; \frac{343}{1,5} \right\} = 188,4 \text{ МПа}$$

Определяем толщину стенки для шарового крана Ду 700 мм по формуле 3.8

$$t_k = \frac{5,5 \cdot 720}{2 \cdot 188,4 - 5,5} = 9,66 \text{ мм}$$

Определяем толщину стенки для шарового крана Ду200 мм по формуле 3.8

$$t_k = \frac{5,5 \cdot 219}{2 \cdot 188,4 - 5,5} = 3,24 \text{ мм}$$

Для шарового крана на магистральной части газопровода примем толщину стенки $t_k = 10$ мм, а для шаровых кранов, находящихся на байпасе примем толщину стенки $t_k = 8$ мм.

3.5 Проверка условий прочности

Расчет газопровода на прочность проводят посредством выполнения проверок:

- кольцевых напряжений;
- продольных напряжений;
- эквивалентных напряжений.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

Условие прочности для кольцевых напряжений выполняется если удовлетворяется условие: $\sigma_h \leq \min\{F_y \cdot \sigma_y; F_u \cdot \sigma_u\}$

где σ_y – нормативный предел текучести материала труб, МПа;

σ_u – нормативный предел прочности материала труб, МПа;

F_y – расчетный коэффициент по пределу текучести, принимаемый по таблице 2 в зависимости от категории участка газопровода;

F_u – расчетный коэффициент по пределу прочности, принимаемый по таблице 2 в зависимости от категории участка газопровода.

Вычисляем кольцевые напряжения от расчетного давления σ_h , МПа, по формуле:

$$\sigma_h = \frac{P_d \cdot D}{2 \cdot t_n}, (3.10)$$

где σ_h – кольцевое напряжение от внутреннего давления, МПа.

Проверка условий прочности для продольных и эквивалентных напряжений проверяется следующим образом $\sigma_i \leq F_{eq} \sigma_y$, если $\sigma_i \geq 0$ и $\sigma_{eq} \leq F_{eq} \sigma_y$, если $\sigma_i < 0$

где σ_i – продольное напряжение, МПа;

σ_{eq} – эквивалентное напряжение по теории Мизеса, МПа;

σ_y – нормативный предел текучести материала труб, МПа;

F_{eq} – расчетный коэффициент для продольных и эквивалентных напряжений, принимаемый по таблице 22.

Таблица 22 – Значения расчетного коэффициента для проверки продольных и эквивалентных напряжений

Параметр	Расчетный коэффициент F_{eq}		
Значение	Строительство	Гидростатические испытания	Эксплуатация
	0,96	1,0	0,9

Эквивалентное напряжение по теории Мизеса, МПа, вычисляется по формуле:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_h^2 - \sigma_h \cdot \sigma_i + \sigma_i^2} \text{ МПа}, (3.11)$$

где σ_h – кольцевое напряжение от внутреннего давления, МПа, определяемое по формуле 3.10;

σ_1 – продольное напряжение, МПа, определяется по формуле:

$$\sigma_1 = -E\alpha\nabla T + \mu \frac{P_d D}{2t_n} \text{ МПа, (3.12)}$$

где E_0 – модуль упругости, $E_0 = 206000$ МПа;

μ_0 – коэффициент Пуассона, $\mu_0 = 0,3$;

α – коэффициент линейного расширения, $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} (^{\circ}\text{C})^{-1}$.

Определяем кольцевое напряжение магистральной части кранового узла от внутреннего давления по формуле 3.10

$$\sigma_h = \frac{720 \cdot 5,5}{2 \cdot 7} = 282,8 \text{ МПа}$$

Проверяем выполнение условий прочности для стали К60:

$$\sigma_h \leq \min\{480 \cdot 0,6; 590 \cdot 0,52\} \text{ МПа;}$$

$$282,8 \leq 288 \text{ МПа, условие выполняется.}$$

Определяем продольное напряжение σ_1 магистральной части кранового узла по формуле 3.12

$$\sigma_1 = -206000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 105 + 0,3 \cdot \frac{5,5 \cdot 720}{2 \cdot 7} = -174,1 \text{ МПа}$$

Проверка проводится по формуле 3.11

$$\sigma_{eq} = \sqrt{282,8^2 - 282,8 \cdot (-174,1) + (-174,1)^2} = 399,4 \text{ МПа;}$$

$$399,4 \leq 414 \text{ , МПа, условие выполняется.}$$

Определяем кольцевое напряжение обводной части кранового узла от внутреннего давления σ_h по формуле 3.10

$$\sigma_h = \frac{219 \cdot 5,5}{2 \cdot 6} = 100,4 \text{ МПа}$$

Проверяем выполнение условий прочности для стали К48:

$$\sigma_h \leq \min\{245 \cdot 0,6; 412 \cdot 0,52\} \text{ МПа}$$

$$100,4 \leq 147 \text{ МПа, условие выполняется.}$$

Определяем продольное напряжение σ_1 обводной части кранового узла по формуле 3.12

$$\sigma_1 = -206000 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 75 + 0,3 \cdot \frac{5,5 \cdot 219}{2 \cdot 6} = -155,3 \text{ МПа}$$

Проверка проводится по формуле 3.11

$$\sigma_{eq} = \sqrt{100,4^2 - 100,4 \cdot (-155,3) + (-155,3)^2} = 215,2 \text{ МПа}$$

$$215,2 \leq 220,5 \text{ МПа, условие выполняется.}$$

Условие прочности тройникового соединения выполняется, если верно следующее неравенство: $A_1 + A_2 + A_3 \leq A$

где A, A_1, A_2, A_3 – расчетные площади усиления тройникового соединения, мм²

Значения расчетных площадей рассчитываются по следующим формулам:

$$A = K(t_h \cdot D_0), (3.13)$$

$$A_1 = (2L_1 - D_0)(T_h - t_h), (3.14)$$

$$A_2 = 2H_1(T_b - t_b), (3.15)$$

$$A_3 = 2r_0(T_0 - T_b), (3.16)$$

где K – поправочный коэффициент.

Поправочный коэффициент определяется исходя из условий $K = 0,7$ при

$$\frac{d}{D} \leq 0,15, \quad K = 0,6 + \frac{2d}{3D} \text{ при } 0,15 \leq \frac{d}{D} \leq 0,6, \quad K = 1 \text{ при } \frac{d}{D} > 0,6,$$

где d – наружный диаметр ответвления тройника, мм;

D – наружный диаметр основной (магистральной) трубы тройника, мм.

Полудлина расчетной зоны усиления тройника определяется по формуле:

$$L_1 = D_0, (3.17)$$

где D_0 – внутренний диаметр ответвления тройника, мм.

Внутренний диаметр ответвления тройника определяется по формуле:

$$D_0 = d - 2T_0, (3.18)$$

где T_0 – номинальная толщина стенки ответвления основной трубы, мм.

Номинальная толщина стенки определяется по формуле:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$T_0 = k \cdot T_h, (3.19)$$

где k – коэффициент, значение которого следует принимать в зависимости от конкретной технологии изготовления тройников, в данном расчете принимаем $k = 0,8$;

T_h – расчетная толщина стенки основной трубы тройника, мм.

Расчетная толщина стенки ответвления тройника определяется по формуле:

$$T_b = \xi \cdot T_h, (3.20)$$

где ξ – коэффициент, значение которого следует принимать в зависимости от конкретной технологии изготовления тройников, в данном расчете принимаем $\xi = 0,7$.

Радиус закругления наружной поверхности сечения тройника r_0 определяется по формуле:

$$r_0 = 0,075 \cdot d + 7. (3.21)$$

Высота расчетной зоны усиления тройника H_1 определяется по формуле:

$$H_1 = 0,7 \sqrt{dT_0}. (3.22)$$

Проверяем условие прочности для тройникового соединения 720(K52)-219(K48)-5,5-0,75-УХЛ ТУ 102-488-05.

Определяем радиус закругления наружной поверхности сечения тройника по формуле 3.21

$$r_0 = 0,075 \cdot 219 + 7 = 23,42 \text{ мм}$$

Определяем расчетную толщину стенки трубы ответвления тройника по формуле 3.20

$$T_b = 0,7 \cdot 9,36 = 6,55 \text{ мм}$$

Определяем номинальную толщину стенки ответвления основной трубы по формуле 3.19

$$T_0 = 0,8 \cdot 9,36 = 7,5 \text{ мм}$$

Определяем внутренний диаметр ответвления тройника по формуле 3.18

$$D_0 = 219 - 2 \cdot 7,5 = 204 \text{ мм}$$

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Определяем высоту расчетной зоны усиления тройника по формуле 3.22

$$H_1 = 0,7 \sqrt{219 \cdot 7,5} = 28,36 \text{ мм}$$

Определяем полудлину расчетной зоны усиления тройника по формуле 3.17

$$L_1 = D_0 = 204 \text{ мм}$$

Отношение $\frac{d}{D} = 0,3$, поэтому расчет коэффициента K в соответствии с условием выглядит следующим образом

$$K = 0,6 + \frac{2 \cdot 219}{3 \cdot 720} = 0,8$$

Определяем значения расчетных площадей усиления тройниковых соединений по формулам 3.13– 3.16

$$A = 0,8 \cdot (8,28 \cdot 204) = 1352 \text{ мм}^2$$

$$A_1 = (2 \cdot 204 - 204) \cdot (9,36 - 8,28) = 220,3 \text{ мм}^2$$

$$A_2 = 2 \cdot 28,36(6,55 - 2,5) = 229,7 \text{ мм}^2$$

$$A_3 = 2 \cdot 23,42(7,5 - 6,55) = 44,5 \text{ мм}^2$$

Проверяем выполнение условия прочности тройникового соединения по условию $A_1 + A_2 + A_3 \leq A$:

$$220,3 + 229,7 + 44,5 = 494,5 \text{ мм}^2;$$

$$494,5 \leq 1352 \text{ мм}^2.$$

Условие прочности выполняется.

3.6 Расчет сварных швов

Стыковые швы при сборке труб и соединительных деталей трубопровода необходимо оформлять в соответствии с ГОСТ 16037-80[21].

Анализ типов односторонних соединений в ГОСТ16037-80 при известной толщине стенок магистральной трубы и магистральной части тройникового соединения, а так же при известных толщинах стенок труб байпаса, что лучшее

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

проплавление корня шва обеспечит разделка кромок каждой из деталей соединения. Этому условию отвечает тип соединения С17, для которого конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва представлены на рисунках 3 и 4 соответственно.

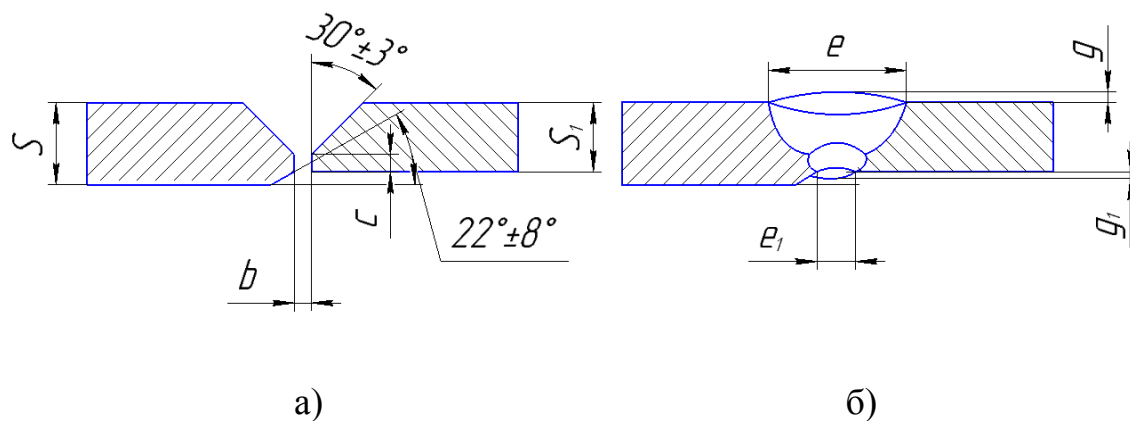


Рисунок 3 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа С17 для соединения трубы и СДТ ГОСТ 16037-80: а) – эскиз соединения: $S = 10$ мм, $S_1 = 8$ мм, c – от 0,5 до 1,5 мм, b – от 2,0 до 3,0 мм; б) – эскиз шва: e – от 16 до 20 мм, e_1 – от 8 до 10 мм, $g = g_1$ – от 1 до 3 мм.

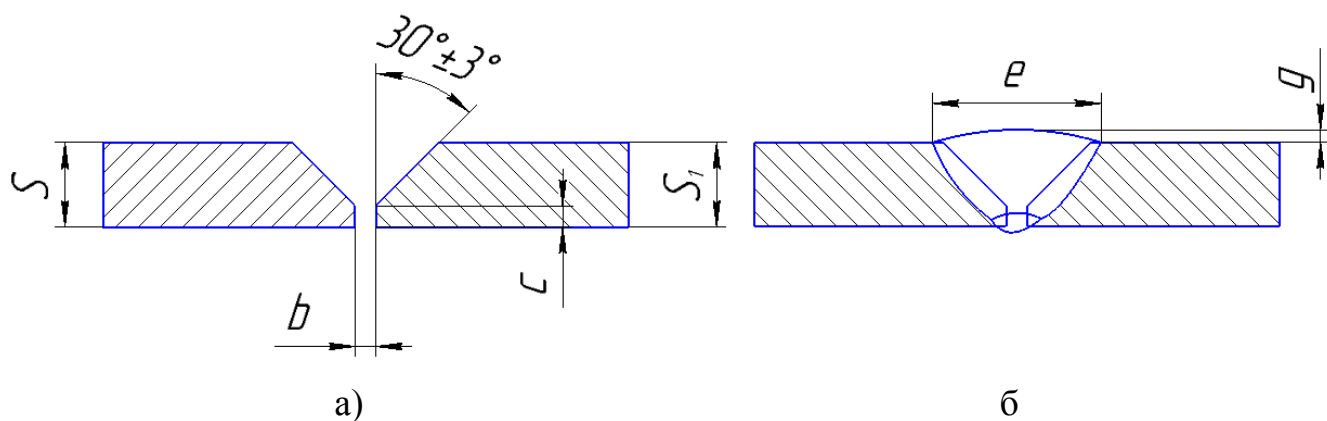


Рисунок 4 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа С17 для соединения труб на байпасе ГОСТ 16037-80: а) – эскиз соединения: $S = S_1 = 6$ мм, c – от 0,5 до 1,5 мм, b – от 1,5 до 2,0 мм; б) – эскиз шва: e – от 11 до 13 мм, g – от 1 до 3 мм.

Сварные соединения приварки магистральной части тройников к патрубку следует конструктивно оформлять в соответствии с ГОСТ 16037-80. Для обеспечения полного проплавления сварного соединения при условии односторонней сварки принимаем угловое соединение типа У19, конструктивные элементы которого представлены на рисунке 5.

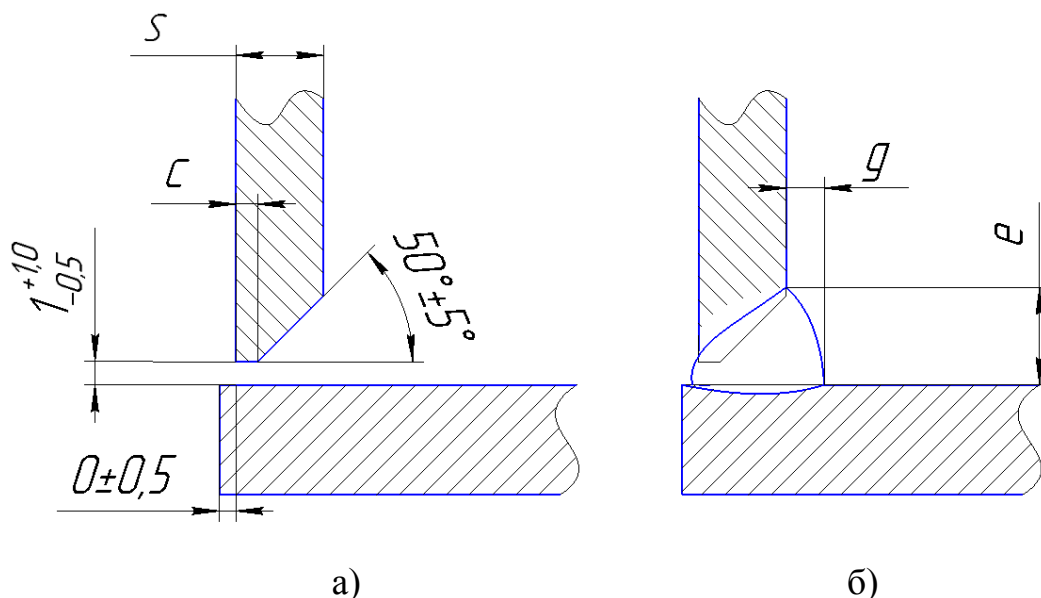


Рисунок 5 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа У19 для соединения магистральной трубы с патрубком ГОСТ 16037-80: а) – эскиз соединения: $S = 8$ мм, c – от 0,5 до 1,5 мм, б) – эскиз шва: e – от 14 до 17 мм, g – от 3 до 5 мм.

Проектируемые сварные соединения должны быть проверены на прочность. Проверка прочности сварных соединений С17 проводится исходя из условия $\sigma \leq [\sigma]$,

где σ – напряжение в сварном соединении, МПа;

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

Напряжение в сварном соединении определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{N}{F}, (3.23)$$

где N – продольная нагрузка, растягивающая шов, Н;

F – площадь наплавленного металла, мм²;

Продольная нагрузка, растягивающая шов определяется по формуле:

$$N = P \cdot \frac{\pi D^2}{4}, (3.24)$$

где S – площадь поперечного сечения трубопровода, мм².

Площадь наплавленного металла определяется по формуле:

$$F = \delta \cdot l_{ш}, (3.25)$$

где δ – толщина металла, мм;

$l_{ш}$ – длина сварного шва, мм.

Длина рассчитываемого сварного шва $l_{ш}$ находится как длина окружности свариваемых деталей по наружной поверхности за вычетом технологической составляющей $\Delta=10$ мм по формуле:

$$l_{ш} = \pi D - 10. (3.26)$$

Допускаемое напряжение определяется по формуле:

$$[\sigma] = \frac{R_n}{\gamma_m}, (3.27)$$

где R_n – расчетное сопротивление материала, МПа;

γ_m – коэффициент безопасности по материалу, для данной конструкции $\gamma_m = 1,05$

Расчетное сопротивление материала определяется по формуле:

$$R_n = 0,9 \sigma_m. (3.28)$$

Для сварного соединения С17 для соединения трубы с СДТ проверка напряжений выглядит следующим образом.

Определяем расчетное сопротивление материала для стали 09Г2С по формуле 3.28

$$R_n = 0,9 \cdot 343 = 308,7 \text{ МПа}$$

Определяем допускаемое напряжение по формуле 3.27

$$[\sigma] = \frac{308,7}{1,05} = 294 \text{ МПа}$$

Определяем длину рассчитываемого сварного шва по формуле 3.26

$$l_i = 3,14 \cdot 720 - 10 = 2250,8 \text{ мм}$$

Определяем площадь наплавленного металла сварного шва по формуле 3.25

$$F = 8 \cdot 2250,8 = 18000 \text{ мм}^2$$

Определяем продольную нагрузку, действующую на шов по формуле 3.24

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$N = 5,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 720^2}{4} = 2238192 \text{ Н}$$

Определяем напряжение в сварном шве по формуле 3.23

$$\sigma = \frac{2238192}{18000} \leq 294 \text{ МПа};$$

$$124,3 \leq 294, \text{ МПа, условие выполнено}$$

Для сварного соединения С17 между трубами байпаса проверка напряжений выглядит следующим образом:

Определяем расчетное сопротивление материала для Стали 20 по формуле 3.33

$$R_n = 0,9 \cdot 245 = 220,5 \text{ МПа}$$

Определяем допускаемое напряжение по формуле 3.32

$$[\sigma] = \frac{220,5}{1,05} = 210 \text{ МПа}$$

Определяем длину рассчитываемого сварного шва по формуле 3.31

$$l_i = 3,14 \cdot 219 - 10 = 677,6 \text{ мм}$$

Определяем площадь наплавленного металла сварного шва по формуле 3.30

$$F = 8 \cdot 677,6 = 5421,2 \text{ мм}^2$$

Определяем продольную нагрузку, действующую на шов по формуле 3.29

$$N = 5,5 \cdot \frac{3,14 \cdot 219^2}{4} = 207071 \text{ Н}$$

Определяем напряжение в сварном шве по формуле 3.28

$$\sigma = \frac{207071}{5421,2} \leq 210 \text{ МПа}$$

$$38,2 \leq 210 \text{ МПа, условие выполнено}$$

Проверка прочности сварных соединений У19 проводится исходя из условия $\tau \leq [\tau]$

где τ – напряжение среза в угловом сварном соединении;

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

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Напряжение в сварном соединении У19 определяется по формуле:

$$\tau = \frac{N}{F}, (3.29)$$

где N – продольная нагрузка, растягивающая шов;

F – площадь наплавленного металла;

Площадь поперечного сечения для углового шва определяется по формуле:

$$F = \beta \cdot h_{ш} \cdot l_{ш}, (3.30)$$

где β – коэффициент определения расчетной толщины углового шва, в данном расчете $\beta = 0,7$;

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

Толщина углового шва определяется по формуле:

$$h_{ш} = \sqrt{e^2 + g^2}, (3.31)$$

где параметры сварного шва e и g приняты как среднее арифметическое от их предельных значений.

Допускаемое напряжение среза $[\tau]$ рассчитывается по формуле:

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,6) \cdot [\sigma]. (3.32)$$

Площадь поперечного сечения патрубка определяется по формуле:

$$S = \pi \frac{d_{ш}^2}{4}. (3.33)$$

Для сварного соединения У19 между магистральной трубой и патрубком расчет выглядит следующим образом:

Определяем площадь поперечного сечения патрубка по формуле 3.33

$$S = 3,14 \cdot \frac{219^2}{4} = 37668 \text{ мм}^2$$

Определяем длину сварного шва по формуле 3.26

$$l_i = 3,14 \cdot 219 - 10 = 677,6 \text{ мм}$$

Определяем толщину углового шва по формуле 3.31

$$h_{ш} = \sqrt{15^2 + 4^2} = 15,5 \text{ мм}$$

Определяем площадь поперечного сечения углового шва по формуле 3.30

$$F = 0.7 \cdot 15.5 \cdot 678 = 7356,3 \text{ мм}^2$$

Определяем продольную нагрузку по формуле 3.24

$$N = 5,5 \cdot 37668 = 207176 \text{ Н}$$

Определяем напряжение в рассчитываемом сварном соединении по формуле по формуле 3.29

$$\tau = \frac{207176}{7356,3} = 28,2 \text{ МПа}$$

Определяем допускаемое напряжение среза по формуле 3.32

$$[\tau] = (0,5 \dots 0,6) \cdot 210 = 105 \dots 126 \text{ МПа}$$

$$28,2 \leq 105 \text{ МПа, условие выполняется.}$$

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

4 Выбор и обоснование способов сборки с и сварки изделия

4.1 Разработка схемы технологического процесса изготовления конструкции

Технологический процесс изготовления кранового узла можно разделить на следующие этапы:

- заготовительные операции;
- сборка сварных соединений под сварку;
- сварка труб с соединительными деталями трубопровода, а так же с запорной арматурой на магистральной части кранового узла;
- сварка труб с соединительными деталями трубопровода, а так же с запорной арматурой на обходной части кранового узла;
- сварка стыковых швов труб магистральной части кранового узла;
- сварка остальных сварных соединений в порядке их удаления от магистральной части газопровода

4.2 Заготовительные операции

К заготовительным операциям относятся:

- снятие изолирующего слоя с труб и соединительных деталей трубопроводов;
- резка труб;
- разделка кромок под сварку;
- механическая обработка элементов конструкции.

Изолирующий слой должен быть снят на расстояние 200 мм в каждую сторону от места резки.

Резку магистральной части кранового узла производить орбитальной газовой резкой по предварительно размеченной линии реза с последующей механической обработкой торцов труб шлифмашинкой до требуемых геометрических размеров разделки.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

Резку байпаса кранового узла производить с помощью шлифмашинки отрезным кругом, предварительно сняв изолирующий слой и отметив линию реза.

Выпуклость заводских швов труб и соединительных деталей трубопроводов должна быть удалена шлифованием до величины от 0,5 до 1 мм на расстоянии от 10 до 15 мм от торца трубы.

4.3 Сборка кранового узла под сварку

Сборка и сварка кранового узла проводится в соответствии с требованиямиСТО Газпром 2-2.2-136-2007.

Сборка всех сварных соединений магистральной части кранового узла (прямых вставок, труб с соединительными деталями трубопроводов, а также с запорной и регулирующей арматурой), выполняется с помощью специального наружного многозвенного центратора с ручным приводом. Для сварных соединений труб, труб с СДТ,ЗРА, расположенных на байпасе применяется наружный-центратор –корректор. Данные центраторы не должны оставлять дефекты и загрязнения на поверхности свариваемых кромок.

При использовании наружного центратора устанавливаются требования к геометрическим параметрам разделки кромок.

Наружное смещение не регламентируется, но при сварке облицовочного слоя шва необходимо выполнить плавный переход от шва к основному металлу. Величину смещения кромок следует мерить шаблонами типа УШС, ориентируясь на наружные поверхности.

Заводские швы свариваемых труб, соединительных деталей трубопроводов,а также запорной и регулирующей арматуры нужно располагать в верхней части периметра трубы, для магистральной части данного кранового узла необходимо выдержать расстояние между заводскими швамии принять их смещение относительно друг друга не менее 100 мм.

Величина зазора при сборке назначается в зависимости от способа сварки корневого слоя шва и диаметров сварочных материалов. Для ручной дуговой

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

сварки электродами с основным видом покрытия величина зазора назначается по таблице 23.

Таблица 23 – Величина зазора для ручной дуговой сварки

Способы сварки первого (корневого) слоя шва	Диаметр электрода, мм.	Величина зазора, мм.
Ручная дуговая сварка электродами с основным видом покрытия на подъем неповоротных кольцевых стыковых соединений труб, труб с СДТ, ЗРА	2,5; 2,6;	2,0-3,0
	3,0; 3,20; 3,25	2,5-3,5

Назначаем величину зазора во всех сварных соединениях кранового узла, выполняемых ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия – равным диаметру электрода, которым выполняется сварка корневого слоя шва.

Количество и размеры прихваток определяются в зависимости от диаметра свариваемых элементов и выбираются по таблице 24.

Таблица 24 –Размеры и количество прихваток при сборке соединений труб, труб с СДТ, ЗРА

Ду труб, СДТ, ЗРА, мм.	Количество прихваток не менее, шт.	Длина прихватки не менее, мм
До 400 включительно.	2	20-30
400...1000 включительно.	3	60-100
100...1400 включительно	4	100-200

Для рассматриваемого кранового узла в соответствии с таблицей 24 определяем количество и длину прихваток:

- для магистральной части газопровода с условным проходом Ду 700 мм:
3 прихватки длиной от 60 до 100 мм.
- для байпаса с условным проходом Ду 200 мм: 2 прихватки длиной от 20 до 30 мм.

Прихватки следует выполнять такими же сварочными материалами, которыми выполняется корневой слой данного сварного соединения.

Прихватки следует располагать на расстоянии не менее 100 мм от заводских швов. Начало и конец каждой прихватки необходимо обработать механическим

способом шлифмашинкой *Bosch Gws 850 CE* для создания плавного перехода при сварке корневого слоя шва.

Не допускается освобождать механизмы наружного центратора, предназначенные для стяжки до выполнения не менее 60% корневого слоя шва, при этом сварку корневого слоя шва необходимо распределить равномерно по всему периметру сварного соединения, после снятия стягивающих механизмов центратора необходимо обработать начало и конец каждого участка механическим способом с помощью шлифмашинки и иметь плавный переход для осуществления дальнейшей сварки корневого слоя шва без дефектов.

Укладку трубы или секции трубы на опоры, деревянные бруссы, мешки с наполнителем следует выполнять после сварки.

При ручной дуговой сварке электродами с основным видом покрытия укладка осуществляется после выполнения корневого слоя шва.

Расстояние от нижней образующей трубы и грунтом после укладки должно быть не менее 450 мм.

При сборке ответвления и основной трубы тройниковых соединений следует применять следующие инструменты и оснастку (уровень, угольник, теодолит и др.)

Вырезку отверстия в основной трубе выполнять механической резкой, в качестве резака использовать газовую горелку Г2С-34, так как она обладает рядом преимуществ перед другими установками, а именно цена, возможность использования в различных пространственных положениях из-за небольшого веса и маленьких габаритах, а так же выбор горелки обусловлен ее использованием при резке труб и использованием в качестве оборудования для предварительного и сопутствующего подогрева.

Расположение патрубка на основной трубе не должно быть ближе 250 мм от заводского шва. Отклонение от перпендикулярности патрубка к основной трубе не должно превышать 1° , смещение осей трубы ответвления и основной трубы друг относительно друга не должно превышать 5 мм.

Вырезку отверстия в основной трубе следует выполнять механической резкой с последующей зачисткой резанных торцов отверстия шлифмашинкой.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Геометрические параметры разделки кромок и усиливающих накладок должны соответствовать требованиям рисунка 6

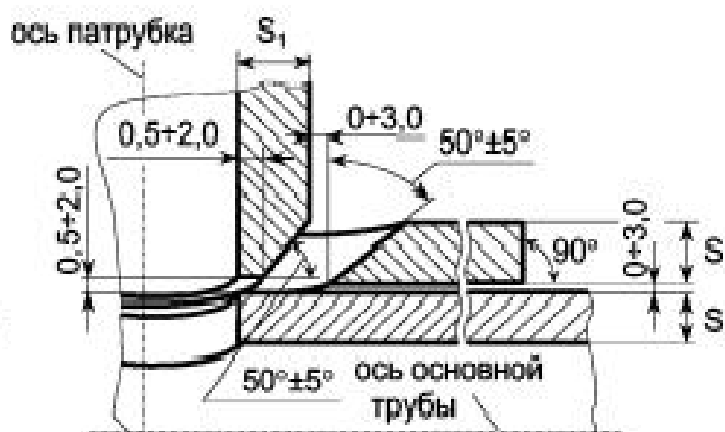


Рисунок 6 – геометрические параметры разделки кромок

4.4 Технология и параметры предварительного и сопутствующего подогрева сварных соединений

До начала сварки прихваток необходимо проводить предварительный подогрев свариваемых кромок и прилегающих к ним участков труб, соединительных деталей трубопроводов, запорной и регулирующей арматурой.

Для предварительного и сопутствующего подогрева кромок свариваемых соединениях при толщине стенки до 17 мм следует применять газопламенные нагревательные устройства.

Оборудование должно обеспечивать равномерный подогрев по толщине стенки и периметру по 75 мм в каждую сторону от свариваемых кромок, а так же подогрев при сварке прихваток и сопутствующий подогрев при выполнении сварного соединения.

Для предварительного и сопутствующего подогрева сварных соединений данной конструкции применить газовую горелку Г2С-34.

Подогрев не должен воздействовать на изоляционное покрытие труб. При применении газовых горелок необходимо применять термоизолирующие пояса или боковые ограничители пламени. Температура нагрева трубы в ближайшем

расположенным изоляционным покрытию от места горения не должна превышать 100 °С.

Температуру подогрева свариваемых кромок труб, соединительных деталей трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры с определенными толщинами стенки назначить в 50-80°С

При сварке труб, имеющих различное значение углеродного эквивалента температура подогрева должна соответствовать максимальному значению, которое необходимо для свариваемого элемента.

Контроль температуры предварительного подогрева свариваемых соединений газовыми горелками должен выполняться перед сваркой прихваток, первого слоя шва приборами на наружной поверхности в местах, равномерно расположенных по периметру, на расстоянии от 10 до 15 мм в обе стороны от свариваемых кромок.

Количество мест контроля температуры предварительного подогрева должно соответствовать количеству прихваток.

Следует произвести предварительный подогрев кромок патрубка и вырезанного отверстия основной трубы до температуры в 50-80 °С и контролироваться контактными приборами на расстоянии от 10 до 15 мм от свариваемых кромок.

В процессе сварки после выполнения каждого слоя шва необходимо проводить механическую обработку поверхности шва и кромок.

4.5 Технология сварки кранового узла

Согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007 ручная дуговая сварка электродами с основным видом покрытия рекомендуется для сварки всех слоев шва неповоротных кольцевых стыковых соединений труб диаметром от 25 до 1420 мм, а также специальных сварных соединений газопроводов (захлесты, прямые вставки (катушки), разнотолщинные соединения труб, СДТ, ЗРА, угловые соединения – прямые врезки, ремонт кольцевых стыковых и угловых сварных соединений труб, СДТ, ЗРА, когда применение механизированных и автоматических способов сварки невозможно, или не целесообразно. Исходя из того, что в рассматриваемой

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

конструкции присутствуют специальные сварные соединения газопроводов, (прямые врезки), а изготовление данной конструкции осуществляется в условиях единичного производства, в качестве основного способа сварки выбрана ручная дуговая сварка электродами с основным видом покрытия.

Подварку корневого слоя шва стоит выполнить при соединении труб с СДТ, ЗРА, так как эти соединения выполняются в первую очередь для дальнейшей возможности сварки соединительных деталей трубопроводов, а так же запорной и регулирующей арматуры с магистральной частью газопровода и байпаса и в этих соединениях присутствует техническая возможность выполнения подварочного слоя шва.

Подварку корневого слоя шва необходимо выполнять до начала сварки заполняющих слоев.

Подварка должна выполняться электродами с основным видом покрытия постоянным током обратной полярности. Сварка ведется на подъем.

Подварка выполняется в сварных соединениях труб с СДТ, ЗРА для обеспечения проплавления кромок при разности толщин до 2 мм.

Подварочный слой шва выполняется с плавным переходом к металлу трубы без образования подрезов иметь ширину от 8 до 10 мм, выпуклость от 1 до 3 мм.

Заполняющие и слои шва могут быть одно–или многопроходными.

Количество слоев сварного шва, проходов в каждом слое сварного шва, если сварка относится к многопроходной, назначается исходя из толщины кромок труб, соединительных деталей трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, также способа сварки, режимов сварки. Исходя из этих условий для сварных соединений магистральной линейной части кранового узла, а так же труб с СДТ, ЗРА при известных толщинах стенок сварка выполняется в 3 слоя, а линейная часть байпаса в 2, облицовочные слои всех сварных соединений конструкции рекомендуется выполнять в 1 проход

При выполнении заполняющего и облицовочного слоев шва каждый последующий проход должен перекрывать предыдущий минимум на одну треть его ширины, при этом выпуклость облицовочного слоя шва не должна быть больше 3 мм.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Облицовочный слой шва выполняется с плавным переходом к металлу трубы без образования подрезов иметь выпуклость от 1 до 3 мм для стыковых соединений, от 3 до 5 мм для угловых соединений прямых врезок., перекрытие основного металла от 2,5 до 3 мм в каждую сторону.

Величина катета угловых швов прямых врезок должна быть не менее толщины магистральной части трубы.

Места начала и окончания сварки каждого слоя шва должны находиться на расстоянии 50 мм от заводских швов.

Начало и окончание сварки двух соседних слоев шва должны быть смещены друг относительно друга на расстояние не менее 30 мм для мест начала и не менее 70 мм для мест окончания сварных швов. При многопроходной сварке так же необходимо выдерживать смещение мест начала и окончания швов в 30 мм между соседними валиками.

После выполнения каждого слоя шва, в том числе облицовочного, должна производиться механическая обработка шлифмашинкой сварного шва и свариваемых кромок. От шлака и брызг металла необходимо зачистить расстояние в 10 мм.

Рекомендуемые режимы РДС электродами с основным видом покрытия приведены в таблицах 25 и 26 соответственно.

Таблица 25 – Рекомендуемые режимы РДС электродами с основным видом покрытия на подъем

Слои шва	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток (А) в положении при сварке		
		нижнее	вертикальное	потолочное
Корневой	2,0-2,6	80-90	70-90	70-80
	3,0-3,25	90-120	90-110	80-110
Подварочный	3,0-3,25	90-120	90-110	80-110
	4,0	130-180	110-170	110-150
Заполняющие:				

Продолжение таблицы 25

- первый	3,0-3,25	90-120	90-110	80-110
- последующие	3,0-3,25	100-120	90-110	80-110
	4,0	130-180	110-170	110-150
Облицовочные	3,0-3,25	100-120	90-110	80-110
	4,0	130-180	110-170	110-150

Таблица 26 –Рекомендуемые режимы РДС электродами с основным видом покрытия на спуск.

Слой шва	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток (А) в положении при сварке		
		нижнее	вертикальное	потолочное
Заполняющие:				
- первый	3,2	110-160	120-150	110-150
- последующие	3,2	120-160	120-150	110-150
	4,0	190-210	190-200	180-200
	4,5	210-240	210-230	200-230
Облицовочные	3,2	190-210	190-200	180-200
	4,0	210-240	210-230	200-230

РДС электродами с основным видом покрытия на спуск необходимо выполнять с учетом следующих пунктов:

- сварка ведется короткой дугой
- не допускается повторное зажигание одного и того же электрода
- заполняющий слой выполняется заподлицо с разделкой кромок с оплавлением ее краев
- облицовочный шов следует выполнять поперечными колебаниями, амплитуда которых должны составлять не менее двух диаметров электрода

– не допускается подавать присадочные материалы в сварочную дугу или их наличие перед сваркой в разделке кромок.

Прямые врезки тройниковых соединений должны выполняться за один цикл до полного завершения работ. В случае невозможности продолжения работ должны быть выполнены следующие условия: сварное соединение должно быть выполнено минимум на $\frac{2}{3}$ толщины стенки, сварное соединение должно быть выполнено в течении 24 часов после возобновления сварки.

Тройниковые соединения должны быть выполнены без конструктивного непровара угловых соединений с плоской усиливающей накладкой.

Расположение трубы ответвления на основной трубе должно быть на расстоянии не менее 250 мм от заводского шва, смещение осей трубы ответвления и основной трубы не должно превышать 5 мм.

Сварку выполнять в несколько проходов, количество слоев для тройниковых соединений принять равным 2.

Сварку необходимо выполнять 6 участками, каждый следующий участок должен быть выполнен в диаметрально противоположном положении по периметру патрубка. Направление сварки каждого последующего участка должно быть одинаковым с направлением сварки предыдущего участка. Сварка должна выполняться на подъеме.

«Замки» соседних слоев необходимо сместить друг относительно друга на длину от 25 до 30 мм

Угловые швы усиливающей накладки с основной трубой допускается выполнять одновременно со сваркой усиливающей накладки с патрубком с выполнением требований, аналогичных требованиям, предъявляемыми к кольцевым стыковым сварным соединениям.

4.6 Ремонт сварных соединений

Ремонт дефектов сварных соединений газопроводов должен выполняться ручной дуговой сваркой электродами с основным видом покрытия.

Ремонт сваркой возможен приследующих дефектах сварных соединений:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

- шлаковые включения;
- поры;
- несплавления;
- подрезы.

Ремонт трещин запрещен.

Общая длина дефектных участков не должна превышать 1/6 периметра сварного шва.

Максимальная длина одновременно ремонтируемого участка равна 300 мм для магистральной части кранового узла и 70 мм для байпаса.

Минимальная длина вышлифовки составляет не менее 150 мм для магистральной части узла и не менее 100 мм для байпаса.

При ремонте заполняющих слоев шва производится выборка шва с углом раскрытия кромок от 50 до 60°.

Возможен ремонт сварных соединений изнутри, если дефект обнаружен в корневом или подварочном слоях шва и это технически осуществимо. Если такой возможности нет, ремонт должен осуществляться только снаружи методом сквозного пропила при условии, что дефекты расположены по оси данного слоя.

В таком случае размер и параметры выборки аналогичны выборке при заполняющих слоях шва, однако такая выборка должна обеспечивать остаточную толщину стенки трубы от 1,5 до 2,5 мм, с дальнейшим сквозным пропилом шлифовальным кругом толщиной от 2,5 до 3 мм. Границы выборки должны быть ровными и параллельными.

При ремонте подрезов в облицовочном слое шва выполняется вышлифовка участка, в сечении которого находится ремонтируемый слой, заподлицо с трубой. Ремонт осуществляется посредством наложения одного или двух валиков. При этом возможно увеличение ширины шва в том месте, где был произведен ремонт на величину не более 2 мм.

Если выборка проводится снаружи, то ширина раскрытия кромок должна быть меньше ширины облицовочного слоя на величину от 2 до 4 мм, а при внутренней выборке ширина раскрытия кромок не должна превышать 7 мм.

Выборка осуществляется механическим способом шлифмашинкой.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Не допускается выплавлять дефекты сваркой.

Длина вышлифовки должна быть больше фактической длины дефекта на величину не менее 30 мм в каждую сторону. Вышлифовка проводится на глубину на величину от 1 до 2 мм большую, чем глубина залегания дефекта.

До начала сварочных работ должен быть выполнен предварительный подогрев выборки до температуры от 100 до 130 °С независимо от температуры окружающей среды и толщины стенки трубы.

Подогрев проводится на расстоянии, зависящем от длины выборки и составляет:

- не менее 100 мм при выборке до 150 мм включительно;
- всего периметра сварного соединения при выборке более 150 мм.

Ручная дуговая сварка должна выполняться на подъем электродами с основным видом покрытия. Рекомендуемые режимы сварки должны соответствовать требованиям таблицы 25

Межслойная температура должна быть не менее 50 °С на протяжении всего процесса сварки. В случае остывания требуется выполнить межслойный подогрев до температуры от 100 до 130 °С.

Высота каждого слоя должна быть от 2,5 до 3,5 мм.

В процессе ремонта необходимо производить механическую очистку от брызг и шлака всех слоев шва. Облицовочный шов должен быть подвергнут чистой обработке щеткой или шлифовальным кругом. Так же должны быть удалены брызги и шлак с прилегающего основного металла трубы.

Ремонт сварных соединений должен проходить без остановок, либо без длительных перерывов.

Повторный ремонт одного и того же участка запрещается. В случае необходимости ремонта на ранее ремонтируемом участке соединение должно быть вырезано.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

4.7Выбор сварочных материалов

Сварочные материалы должны обеспечивать:

- сварочно-технологические свойства;
- допустимые металлургические свойства наплавленного металла;
- допустимые механические свойства наплавленного металла.

Выбор сварочных материалов осуществляется исходя из:

- способа и технологии сварки;
- материалов и размеров свариваемых элементов;
- сварочно-технологических свойств и производительности наплавки.

При сварке соединений труб, труб с СДТ, ЗРА из сталей различных классов прочности сварочные материалы назначаются:

- для соединений одной толщины стенки - по меньшему классу прочности;
- для соединений разной толщины стенки - по большему классу прочности.

Для сварки труб и соединительных деталей трубопровода в соответствии с выбранными материалами выбираем электроды согласно таблице 27

Таблица 27 –Классификация и назначение электродов с основным видом покрытия для ручной дуговой сварки

Назначение	Диаметр, мм	Класс прочности металла труб	Типы электродов
			ГОСТ 9467
Для сварки корневого (1-го) и подварочного слоев шва сварных соединений труб, СДТ и ЗРА	2,5...3,25 включительно.	до К60 включительно.	Э50А

Продолжение таблицы 27

Для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва сварных соединений труб, СДТ и ЗРА	3,0...4,0 включительно.	до К54 включительно.	Э50А, Э55
		св. К54 до К60 включительно.	Э60

Согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007 для сварки корневого и подварочного слоев шва соединений труб, соединительных деталей трубопровода, запорной и регулирующей арматуры из сталей с классом прочности до К60 включительно, а также для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб, соединительных деталей трубопровода и запорной и регулирующей арматуры из сталей с классом прочности до К54 включительно выбираем электроды марки ОК 53.70, химический состав которого представлен в таблице 29, а для сварки заполняющих и облицовочного слоев шва соединений труб, СДТ и ЗРА из сталей с классом прочности выше К54 до К60 включительно. Выбираем электроды марки ОК 74.70, химический состав которых представлен в таблице 30.

Таблица 28 – Химический состав металла сварочного шва, выполненного электродами ОК 53.70, %

Параметр	Диаметр, мм	C	Si	Mn	P	S
Значение	2,5	0,06	0,52	1,0	0,011	0,005
	3,2	0,06	0,51	1,02	0,011	0,006

Таблица 29 – Химический состав металла сварочного шва, выполненного электродами ОК 74.70, %

Параметр	Диаметр, мм	C	Mn	Si	Mo	Ni	S	P
Значение	3,2	0,08	1,9	0,75	0,65	—	0,027	0,017

4.8 Расчет параметров режимов сварки.

Расчеты параметров режимов сварки ведутся по [22].

4.8.1 Расчет шва №1.

Исходные данные:

- основной металл – сталь 09Г2С;
- способ сварки – ручная дуговая сварка;
- тип соединения –стыковое;
- тип шва – стыковой;
- положение шва – переменное;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 16037-80 соединение С17.

(Рисунок 7).

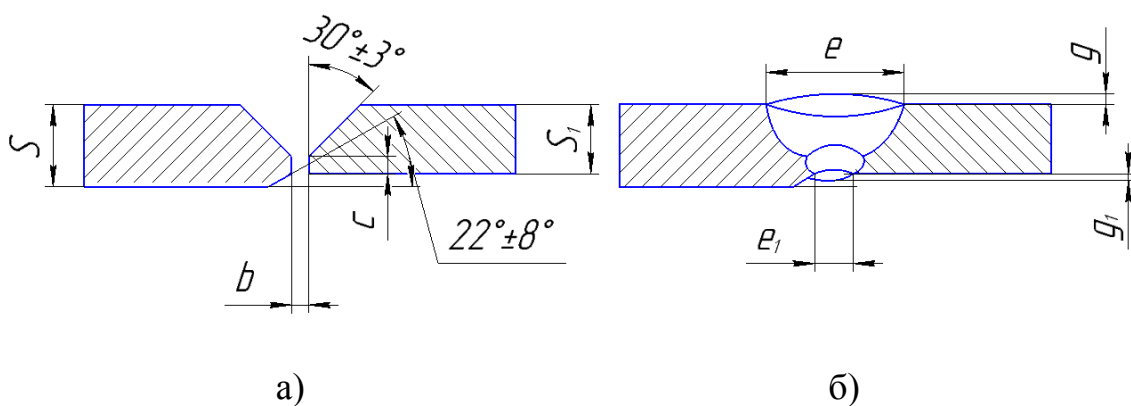


Рисунок 7 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа С17 для соединения трубы и СДТ ГОСТ 16037-80: а) – эскиз соединения: $S = 10$ мм, $S_1 = 8$ мм, c – от 0,5 до 1,5 мм, b – от 2,0 до 3,0 мм; б) – эскиз шва: e – от 16 до 20 мм, e_1 – от 8 до 10 мм, $g = g_1$ – от 1 до 3 мм..

Диаметр электрода назначается в зависимости от толщины металла. Практические рекомендации по выбору диаметра электрода приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Практические рекомендации по выбору диаметра электрода

S , мм	$d_{эл}$, мм	Катет, мм	$d_{эл}$, мм	Примечание
2	2	2	2	При сварке многопроходных швов первый проход выполняется электродом Ø 2-3 мм. Последующие проходы: Ø 3-5 мм.
3	3	3	3	
4	4	3-4	4	
5	5	4-5	4	
6	5	5-6	5	
>6	>6	>6	>5	

Таким образом согласно таблице 31 принимаем для сварки корня шва электрод $d_{эл} = 2,5$ мм, а для сварки последующих проходов $d_{эл} = 3$ мм.

Величина сварочного тока рассчитывается по формуле:

$$I_{св} = K \cdot d_{эл}, \quad (4.1)$$

где K – коэффициент, определяющийся опытным путём и для $d_{эл} = 2,5$ мм, $K = 25...30$

Определяем величину сварочного тока для сварки электродом 2,5 мм по формуле 4.1

$$I_{св} = (25...30) \cdot 2,5 = 62,5...75 \text{ А}$$

При расчётах принимаем $I_{св} = 70 \text{ А}$.

Для $d_{эл} = 3$ мм, $K = 30...40$.

Определяем величину сварочного тока для сварки электродом 3,2 мм по формуле 4.1

$$I_{св} = (30...40) \cdot 3 = 90...120 \text{ А}$$

При расчётах принимаем $I_{св} = 110 \text{ А}$.

Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке изменяется в сравнительно узких пределах и при проектировании технологических процессов сварки выбирается на основании рекомендаций паспорта на данную марку электрода. Оптимальное напряжение дуги для различных марок электродов, представлены в таблице 32.

Таблица 32– Оптимальное напряжение дуги U_d .

Марка электрода	УОНИ 13/45	УОНИ 13/55	ЦЛ-9	ЦЛ-11	ОК 53.50	ОК 74.70
U_d , В	22...26	22...26	22...26	22...26	22...26	20...26

Согласно таблице 4 принимаем U_d = от 22 до 26В.

Длина дуги определяется по формуле:

$$l_d = (0,5 \dots 1,2) \cdot d_{эл}, \quad (4.2)$$

где l_d —длина дуги, мм.

Определяем длину дуги для электрода $d_{эл} = 2,5$ мм по формуле 4.2

$$l_d = (0,5 \dots 1,2) \cdot 2,5 = 1,25 \dots 3 \text{ мм}$$

Определяем длину дуги для электрода $d_{эл} = 3,2$ мм по формуле 4.2

$$l_d = (0,5 \dots 1,2) \cdot 3,2 = 1,6 \dots 3,84 \text{ мм}$$

Площадь наплавленного металла $F_{нм}$ для соединения типа С17 определяется по формуле:

$$F_{нм} = f^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + b \cdot S + \frac{2}{3} \cdot g \left[2f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + b + (4 \dots 6) \right] + \frac{2}{3} g_1 \cdot e, \quad (4.3)$$

где $F_{нм}$ — площадь наплавленного металла;

c и c' – усиление сварного шва, мм.,принимается равным 2 мм;

f —глубина разделки кромок.

Ширина сварного соединения определяется по формуле:

$$e = 2f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + b + (4 \dots 6). \quad (4.4)$$

Определяем ширину сварного соединения по формуле 4.4

$$e = 2 \cdot 9 \cdot 0,577 + 2 + (4 \dots 6) = 16,39 \dots 18,39 \text{ мм}$$

Для расчётов принимаем $e = 18$ мм.

Определяем площадь наплавленного металла по формуле 4.3

$$F_{нм} = 9^2 \cdot 0,577 + 2 \cdot 10 + \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot [2 \cdot 9 \cdot 0,577 + 2 + 4] + \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 16 = 109 \text{ мм}^2$$

Число проходов определяется по формуле:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

$$n = \frac{F_{\text{нм}} - F_1}{F_{\text{п}}} + 1, \quad (4.5)$$

где F_1 – площадь наплавленного металла первым проходом;

$F_{\text{п}}$ – площадь последующего прохода.

Площадь наплавленного металла первым проходом определяется по формуле:

$$F_1 = (6...8) \cdot d_{\text{эл}}. \quad (4.6)$$

Определяем площадь наплавленного металла первым проходом по формуле 4.6

$$F_1 = (6...8) \cdot 2,5 = 15...20 \text{ мм}^2$$

Принимаем площадь наплавленного металла первым проходом $F_1 = 19 \text{ мм}^2$.

Площадь наплавленного металла последующим проходом определяется по формуле:

$$F_{\text{п}} = (8...12) \cdot d_{\text{эл}}. \quad (4.7)$$

Определяем площадь наплавленного металла последующим проходом по формуле 4.7

$$F_{\text{п}} = (8...12) \cdot 3,2 = 25,6...38,4 \text{ мм}^2$$

Принимаем площадь наплавленного металла последующим проходом $F_{\text{п}} = 30 \text{ мм}^2$.

Определяем число проходов по формуле 4.5

$$n = \frac{109 - 19}{30} + 1 = 4$$

Принимаем $n = 4$.

Скорость сварки определяется по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{св}}}{3600 \cdot \gamma \cdot F_{\text{н}}} \quad (4.8)$$

где $V_{\text{св}}$ – скорость сварки

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент наплавки, принимается по таблице 33.

γ – удельный вес наплавленного металла, принимаем $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$,

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения наплавленного металла первым и последующих проходов.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 33 – Значение коэффициента наплавки α_n для некоторых марок электродов

Марка Электрода	УОНИ 13/45	УОНИ 13/55	ЦЛ-9	ЦЛ-11	ЭА 400/10У	ОК 74.70	ОК 53.70	ОЗЛ-6
α_n	9,5	9,5	11,5	11,0	12,0	10,3	10	11,5

Согласно таблице 33 принимаем $\alpha_n = 10$ г/А·ч для первого и подварочного слоев шва и 10,3 г/А·ч для заполняющего и облицовочного слоев шва.

Определяем скорость сварки для первого прохода по формуле 4.8

$$V_{св} = \frac{10 \cdot 70}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,19} = 0,13 \text{ см/с}$$

Определяем скорость сварки для последующих проходов по формуле 4.8

$$V_{св} = \frac{10,3 \cdot 110}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,3} = 0,13 \text{ см/с}$$

4.8.2 Расчет шва №2

Исходные данные:

- основной металл – Сталь 20;
- способ сварки – ручная дуговая сварка;
- тип соединения –стыковое;
- тип шва – стыковой;
- положение шва – переменное;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 16037-80 соединение С17.(Рисунок 8).

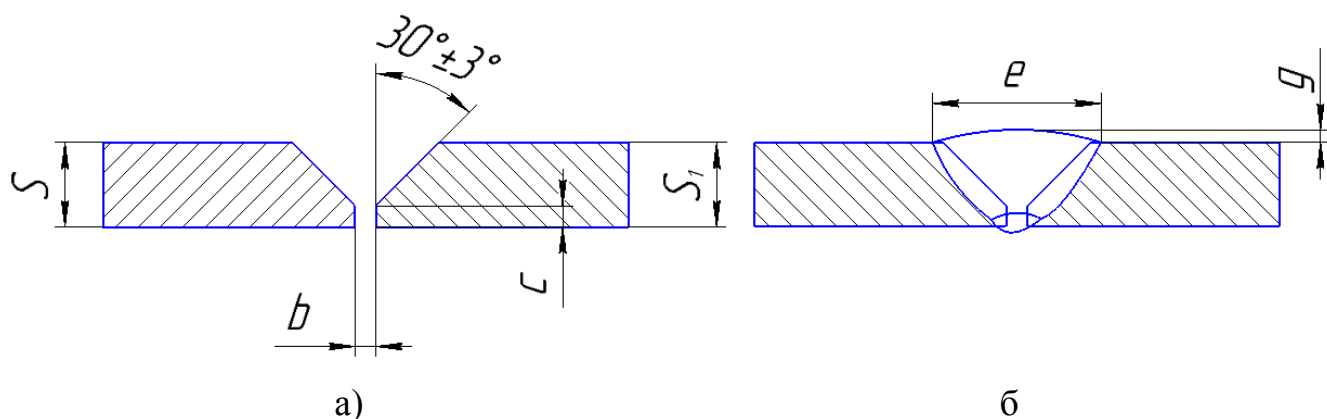


Рисунок 8 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа С17 для соединения труб на байпасе ГОСТ 16037-80: а) – эскиз соединения: $S = S_1 = 6$ мм, c – от 0,5 до 1,5 мм, b – от 1,5 до 2,0 мм; б) – эскиз шва: e – от 11 до 13 мм, g – от 1 до 3 мм.

Такие параметры как диаметры электродов, величина сварочного тока, напряжение на дуге, а также длина дуги принимаются равными шву № 1, так как рассматриваемые сварные соединения и сварочные материалы, а так же методика расчета идентичны в швах №1 и №2.

Площадь поперечного сечения наплавленного металла $F_{н м1}$ для соединения типа С17 определяется по формуле:

$$F_{н м2} = f^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + b \cdot S + \frac{2}{3} \cdot g \left[2f \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + b + (4 \dots 6) \right] + b \cdot S. \quad (4.9)$$

Определяем ширину сварного шва по формуле 4.4:

$$e_2 = 2 \cdot 5 \cdot 0,577 + 2 + (4 \dots 6) = 11,77 \dots 13,77 \text{ мм}$$

Для расчётов принимаем $e_2 = 12$ мм.

Определяем площадь наплавленного металла по формуле 4.9

$$F_{н м2} = 5^2 \cdot 0,577 + 2 \cdot 6 + \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot [2 \cdot 5 \cdot 0,577 + 2 + 4] + 2 \cdot 6 = 54 \text{ мм}^2$$

Определяем площадь наплавленного металла первым проходом по формуле 4.6

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot 2,5 = 15 \dots 20 \text{ мм}^2$$

Принимаем площадь наплавленного металла первым проходом $F_1 = 19 \text{ мм}^2$.

Определяем площадь наплавленного металла последующим проходом по формуле 4.7

$$F_{\Pi} = (8...12) \cdot 3,2 = 25,6...38,4 \text{ мм}^2$$

Принимаем площадь наплавленного металла последующим проходом $F_{\Pi} = 35 \text{ мм}^2$.

Определяем число проходов по формуле 4.5

$$n = \frac{54 - 19}{35} + 1 = 2.$$

Принимаем $n = 2$.

Согласно таблице 33 принимаем $\alpha_{\Pi} = 10 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ для первого прохода и 10,3 для последующих.

Определяем скорость сварки для первого прохода по формуле 4.8

$$V_{\text{св}} = \frac{10 \cdot 70}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,19} = 0,13 \text{ см/с}$$

Определяем скорость сварки для последующих проходов по формуле 4.8

$$V_{\text{св}} = \frac{10,3 \cdot 110}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,3} = 0,13 \text{ см/с}$$

4.8.3 Расчет шва №3

Исходные данные:

- основной металл – Сталь 09Г2С;
- способ сварки – ручная дуговая сварка;
- тип соединения – угловое;
- тип шва – угловой;
- положение шва – нижнее;
- тип шва по количеству проходов – многопроходный односторонний;
- формы и размеры подготовки кромок по ГОСТ 16037-80 У19. (Рисунок 9).

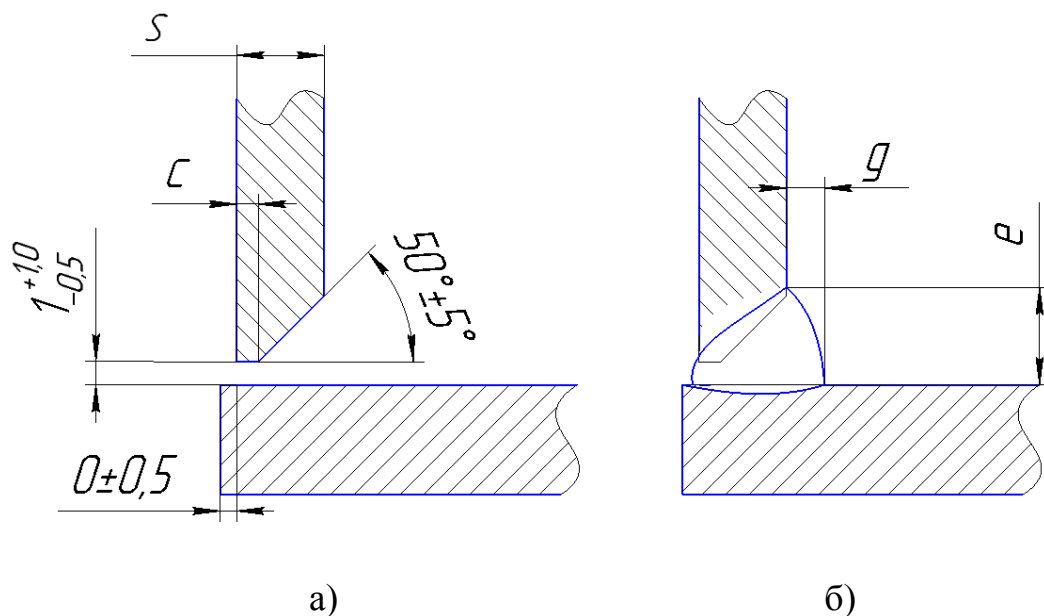


Рисунок 9 – Конструктивные элементы подготовленных кромок свариваемых деталей и шва сварного соединения типа У19 для соединения магистральной трубы с патрубком ГОСТ 16037-80: а) – эскиз соединения: $S = 8$ мм, c – от 0,5 до 1,5 мм, б) – эскиз шва: e – от 14 до 17 мм, g – от 3 до 5 мм.

Такие параметры как диаметров электродов, величина сварочного тока, напряжение на дуге, а также длина дуги принимаются равными шву № 1, так как сварочные материалы, а так же методика расчета идентичны в швах №1 и №3.

Площадь наплавленного металла $F_{н м3}$ для соединения типа У19 определяется по формуле:

$$F_{н м3} = f \cdot \operatorname{tg} \alpha + a \cdot S + \left[\frac{e \cdot g}{2} \right], (4.10)$$

где c – усиление сварного шва, мм. Принимаем равным 1 мм.

Ширина сварного шва определяется по формуле:

$$e_3 = f \cdot \operatorname{tg} \alpha + a + (4 \dots 6). (4.11)$$

Определяем ширину сварного шва по формуле 4.11

$$e_3 = 7 \cdot 1,2 + 2 + (4 \dots 6) = 14,4 \dots 16,4 \text{ мм}$$

Для расчётов принимаем $e_3 = 15$ мм.

$$F_{\text{нм}} = 7 \cdot 1,2 + 2 \cdot 8 + \left[\frac{15 \cdot 4}{2} \right] = 54,4 \text{ мм}^2$$

Определяем площадь наплавленного металла первым проходом по формуле 4.6

$$F_1 = (6 \dots 8) \cdot 2,5 = 15 \dots 20 \text{ мм}^2$$

Принимаем площадь наплавленного металла первым проходом $F_1 = 20 \text{ мм}^2$.

Определяем площадь наплавленного металла последующим проходом по формуле 4.7

$$F_{\text{п}} = (8 \dots 12) \cdot 3,2 = 25,6 \dots 38,4 \text{ мм}^2$$

Принимаем площадь наплавленного металла последующим проходом $F_{\text{п}} = 35 \text{ мм}^2$.

Определяем число проходов по формуле 4.5

$$n = \frac{54,4 - 20}{35} + 1 = 1,98$$

Принимаем $n = 2$.

Согласно таблице 33 принимаем $\alpha_{\text{н}} = 10 \text{ г/А} \cdot \text{ч}$ для первого прохода и 10,3 для последующих.

Определяем скорость сварки для первого прохода по формуле 4.8

$$V_{\text{св}} = \frac{10 \cdot 70}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,19} = 0,13 \text{ см/с}$$

Определяем скорость сварки для последующих проходов по формуле 4.8

$$V_{\text{св}} = \frac{10,3 \cdot 110}{3600 \cdot 7,85 \cdot 0,3} = 0,13 \text{ см/с}$$

4.9 Выбор сварочного оборудования

Сварочное оборудование, предназначенное для ручной сварки газопроводов должно изготавливаться по специальным ТУ

Сварочное оборудование должно соответствовать требованиям ТУ, паспортов, руководств по эксплуатации и обеспечивать:

а) сварочно-технологические свойства:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

– надежность зажигания, повышенную устойчивость горения и высокую эластичность дуги при питании от сети переменного тока (3' 380 В, 50 Гц);

– получение сварных соединений высокого качества;

Согласно СТО Газпром 2-2.2-136-2007и требованиям, приведенным в таблице 34, выбираем сварочный выпрямитель инверторного типаФорсаж-315М.

Таблица 34 – Требования к сварочным аппаратам.

Наименование показателя	Требование
Номинальный сварочный ток при ПН = 60 %, длительности цикла 5 мин, при температуре окружающей среды 40 °С не менее	250 А
Диапазон рабочих токов	50...250 А включительно.
Диапазон рабочего напряжения	22...30 В включительно.
Напряжение холостого хода	70...100 В включительно.
Диапазон регулировки тока короткого замыкания, в процентах от номинального значения сварочного тока, в зависимости от диаметра электрода и пространственного положения при сварке электродами:	100 %...150% включительно.
Время перехода от тока короткого замыкания к рабочим установленным значениям тока для сварочных выпрямителей тиристорного типа не более	0,01 с
Наклон вольтамперных характеристик в диапазоне рабочих токов при сварке электродами	0,7...1,0 В/А включительно.
Дистанционное регулирование сварочного тока при длине сварочных кабелей не менее 40 м с точностью не хуже	± 5 А
Переключение полярности сварочного тока электронным или механическим способом	

Основными особенностями данного выпрямителя являются:

- плавное регулирование сварочного тока;
- компенсация колебаний сетевого напряжения в пределах 10% от номинального для обеспечения стабильности выходных сварочных характеристик;

– наличие регулировки коэффициента наклона внешней характеристики и режима «форсаж» позволяют настраивать оптимальный сварочный режим, обеспечивающий легкий поджиг дуги, высокую стабильность горения дуги, высокое качество формирования сварного шва, уменьшенное разбрызгивание металла.

Также достоинством данного аппарата является низкая стоимость и высокая надёжность.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

5 Контроль качества сварных соединений

При строительстве газопроводов применяют следующие методы неразрушающего контроля качества сварных соединений:

- визуальный и измерительный;
- радиографический;
- ультразвуковой;
- капиллярный.

Все сварные соединения газопровода подлежат визуальному и измерительному контролю в объеме 100%.

Основным физическим методом контроля считается радиографический метод. В качестве дублирующего и дополнительного метода контроля применяется ультразвуковой контроль. Для выявления расслоений на поверхности разделки кромок.

Сварные соединения признаются годными к эксплуатации, если в них отсутствуют дефекты, превышающие допустимые нормы СТО Газпром 2-2.4-083-2006[23].

Механические испытания проводятся на КСС после получения положительных результатов неразрушающих видов контроля.

5.1 Визуальный и измерительный контроль

Визуальный и измерительный контроль выполняют на стадии входного контроля с целью подтверждения соответствия их качества требованиям нормативной документации.

Визуальный и измерительный контроль при устранении дефекта выполняют с целью подтверждения полного устранения дефекта с основного тела трубы, с поверхности кромок свариваемых изделий, дефекта снаружи сварного шва, а также после выполнения сварки дефектного участка.

Визуальный и измерительный контроль должен проводиться предварительно остальным видам неразрушающего контроля.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Если есть доступ к внутренней стороне сборочной единицы, то визуальный и измерительный контроль этой полости так же следует выполнить в максимально возможном объеме.

Дефекты, выявленные в ходе визуального и измерительного контроля должны быть устранены до начала выполнения последующей операции.

Контролируется зона всего сварного шва, а так же участок детали на величину 20 мм от сварного шва, но не менее толщины детали.

В качестве материалов применяются оптические приборы с увеличением в 4-7 раз, а также невооруженный глаз человека.

Погрешность при данном виде контроля не должна превышать 0,1 мм для измерения толщины стенки.

Перед проведением визуального и измерительного контроля поверхность объекта должна быть зачищена до чистого металла. Зона зачистки должна быть не менее 20 мм, в эту зону входит: для сварки стыковых соединений – кромки и поверхность деталей; для угловых соединений – поверхность вокруг отверстия под свариваемую деталь и само отверстие на всю глубину.

Задачей визуального контроля является выявление дефектных участков поверхности детали.

Задачей измерительного контроля является подтверждение геометрических размеров свариваемых деталей.

С помощью измерительного контроля осуществляют проверку:

- диаметра и толщины стенки деталей;
- размеры разделки кромок;
- ширина зоны зачистки;
- овальности.

При сборке необходимо контролировать:

- расстояния между продольными швами;
- правильность сборки и крепления изделий в центраторах;
- чистоту кромок и ближайшей поверхности основного металла;
- величина зазора в соединении;
- размеры прихваток, их количество и расположение.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

В выполненном сварном соединении с помощью визуального контроля необходимо контролировать:

- отсутствие трещин на поверхности;
- отсутствие других дефектов, объем которых выше допускаемых требований, приведенных в СТО Газпром 2-2.4-083-2006.

Измерительный контроль выполненного сварного соединения проводится с целью проверки:

- выпуклости или вогнутости сторон шва, а также его ширину;
- высоты углублений между валиками;
- подрезов основного металла.

5.2 Ультразвуковой контроль

Ультразвуковой контроль является дублирующим методом радиографического контроля и проводится выборочно. Для рассматриваемого кранового узла ультразвуковому контролю подвержены сварные соединения тройниковых соединений, а так же соединений труб с СДТ,ЗРА в объеме не менее 20%, если в ходе осуществления контроля было найдено недопустимое сварное соединение, то объем контроля увеличивается в 2 раза. В таком случае контроль проводится в объеме 40% для сварных соединений, не прошедших проверку в первый раз.

5.3 Радиографический контроль

Радиографический контроль является основным физическим методом контроля сварных соединений и для рассматриваемого кранового узла, который относится к категории I, радиографическому контролю подвергаются все сварные соединения кроме продольных заводских швов в объеме 100%.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

5.4 Гидравлические испытания

Гидравлические испытания проводятся в соответствии с требованиями СНиП 42-80[24] и для данного участка величина давлений, продолжительность испытаний, а также проверка на герметичность будет составлять:

Давление при испытании на прочность:

– в верхней точке: $1,25 P_{\text{раб}}$;

– в нижней точке: $P_{\text{зав}}$.

Давление при испытании на герметичность принимается равным $P_{\text{раб}}$.

Продолжительность испытаний при проверке кранового узла на прочность составляет 12 часов.

Продолжительность проверки на герметичность составляет время, необходимое для проверки всего кранового узла на наличие течи, но не менее 12 часов.

Крановый узел должен пройти циклическое гидравлическое испытание на прочность и проверку на герметичность. Количество циклов должно составлять не менее 3, а величина давления в течении одного цикла должна изменяться на величину давления, при котором в конструкции узла возникает напряжение, равное от 0,9 до 0,75 от нормативного предела текучести материалов, которые входят в номенклатуру конструкции.

Общее время проведения испытаний без учета времени циклов снижения и восстановления давления должно быть больше 24 часов.

Время выдержки до первого цикла принимается равным 6 часам, а между циклами 3 часам.

Время выдержки после последнего цикла принимается равным 3 часам.

5.5 Механические испытания

Механические испытания проводят в соответствии с требованиями СНиП 42-80.

Для данного кранового узла в качестве механических испытаний кольцевых стыковых швов назначаются испытания на растяжение и на изгиб с расположением

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

ем корня шва наружу и внутрь. Для угловых сварных соединений механические испытания проводятся только на изгиб. Проверка осуществляется на вырезанных из контрольных сварных соединений образцах.

Для магистральной части кранового узла количество образцов, вырезанных для механических испытаний, составляет 12 штук, по 4 образца на каждый вид испытания.

Для обводной части кранового узла количество образцов составляет 6 штук, по 2 на каждый вид испытаний соответственно.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

6Выбор и модернизация средств технического оснащения

Центратор наружный помимо совмещения двух частей трубы выполняет еще одну функцию, роль которой не уступает предыдущей. Для качественной сварки материалов необходима жесткая фиксация соединяемых элементов. Центратор для сварки труб имеет специальный захват, полностью исключая различные колебания и дрожания обрабатываемых деталей. Это крайне важный момент – малейшие движения при обработке труб могут стать причиной образования плохого сварного соединения.

Все центраторы делятся на два вида:

- внешние устанавливаются с наружной части свариваемых конструкций и надежно их фиксируют;
- внутренние удерживает соединяемые части трубопровода в неподвижном состоянии изнутри.

Особенности внешних центраторов.

Внешний центратор визуально напоминает крупный зажим, который особым образом захватывает обрабатываемые трубы и держит их в заданном положении. Такое устройство отличается удобством установки и простотой эксплуатации от аналогов, которые запускаются во внутреннюю полость трубы.

Кроме того, центраторы, устанавливаемые снаружи, могут не только фиксировать два конца трубы. В круг задач данных приспособлений входит также выпрямление края трубы, если тот из идеально круглого по какой-то причине приобрел форму эллипса. Это очень важная задача – если ее не решить, о хорошем качестве сварного шва можно будет даже не думать.

Наружные центраторы для сварки труб имеют несколько видов, в зависимости от толщины стенок свариваемых элементов и их диаметров:

Звенные центраторы. При внешнем осмотре данные устройства выглядят как многогранник, внутри которого находятся кольца-звенья. Длина звеньев варьируется в зависимости от размера обрабатываемых объектов, а количество определяется диаметром трубы. Такие устройства используются для соединения труб диаметром от 50 до 1500 мм – отличный центратор для труб малого диаметра.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Гидрофицированные звенья. Такие приспособления являются улучшенной версией предыдущих. Основное отличие заключается в способе фиксации, которая осуществляется не вручную, а при помощи домкрата. В результате сила стяжки получается выше, что напрямую улучшает качество работы. Данные центраторы подходят для обработки труб диаметром от 720 мм до 1620 мм.

Модифицированные звенья гидрофицированные. Еще более доработанная версия центратора. Основным применением данных устройств является выравнивание краев труб, имеющих форму неправильного эллипса. Наружный центратор для труб может управляться пневматическим или электрическим домкратом. Допустимый диаметр свариваемых при помощи такого приспособления труб может варьироваться в пределах от 90 до 1000 мм.

Эксцентрики. Данная категория устройств рассчитана на соединение труб, имеющих большое сечение. Основным рабочим элементом эксцентриковых центраторов являются две металлических дуги. Если в звенных устройствах для фиксации используются крюки, то дуги в эксцентриковых приспособлениях стягиваются при помощи специальной регулировочной перемычки, что делает их более универсальными.

6.1 Расчет прижимного устройства

Расчет прижимного устройства ведется по [25].

В качестве прижимных элементов листовых конструкций применить винтовые зажимы с ручным приводом.

Достоинства – простота конструкции, высокая надежность, возможность развить необходимые прижимные усилия, довольно точная дозировка усилий, дешевизна.

Недостатки – износ резьбы при больших нагрузках (так называемое вытягивание резьбы), воздействие расплавленных брызг металла на резьбу, непостоянство силы зажима.

Расчет усилия на рукоятке наружного центратора:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

Для прижатия труб принять винтовой прижим из стали 45 с усилием $Q=4$ кН.

Наружный диаметр винта определяется по формуле:

$$d_n = \sqrt{\frac{Q}{0,5 \cdot [\sigma_p]}}, \quad (6.1)$$

где Q – усилие прижима;

$[\sigma_p]$ – допустимое напряжение растяжения материала винта, МПа,
 $[\sigma_p] = 75$ МПа для Стали 45.

Определяем наружный диаметр винта по формуле 6.1

$$d_n = \sqrt{\frac{Q}{0,5 \cdot [\sigma_p]}} = \sqrt{\frac{4000}{0,5 \cdot 75}} = 10,328 \text{ мм}$$

Принимаем $d_n=12$ мм, внутренний диаметр винта, $d_{вн}=10,376$ мм, средний диаметр винта $d_c=11,026$ мм, шаг резьбы $S=1,25$.

Количество витков резьбы в гайке n определяется по формуле:

$$n = \frac{4Q}{\pi(d_n^2 - d_{вн}^2)\rho_0}, \quad (6.2)$$

где ρ_0 – удельное давление на поверхность ниток резьбы, принимаем $\rho_0=10$ МПа.

Определяем количество витков резьбы в гайке по формуле 6.2

$$n = \frac{4 \cdot 4000}{\pi(12^2 - 10,376^2)10} = 14,015$$

Принимаем $n=15$.

Винт должен проверяться также по полному напряжению от сжатия и кручения:

Напряжение сжатия σ_z определяется по формуле:

$$\sigma_z = \frac{1,27Q}{d_{вн}^2}. \quad (6.3)$$

Определяем напряжение сжатия по формуле 6.3

$$\sigma_z = \frac{1,27 \cdot 4000}{10,376^2} = 4,718 \text{ кгс/см}^2$$

Высота гайки H определяется по формуле:

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

$$H = \frac{n \cdot S}{m}, \quad (6.4)$$

где m – число заходов резьбы, принимаем $m=1$.

Определяем высоту гайки по формуле 6.4

$$H = \frac{15 \cdot 1,25}{1} = 18,75 \text{ мм}$$

Принимаем $H=19$ мм.

Угол подъема резьбы определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S}{2 \cdot \pi \cdot r_c}, \quad (6.5)$$

где r_c – радиус среднего диаметра резьбы винта, мм.

Принимаем $r_c=11,026$.

Определяем угол подъема резьбы по формуле 6.5

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1,25}{2 \cdot \pi \cdot 11,026} = 0,018$$

Усилие на рукоятке при плече R , равном 300 мм, определяется по формуле:

$$W = Q \frac{r_{cp}}{4} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (6.6)$$

где r_{cp} – средний радиус винта,

L – длина рукоятки,

α – угол подъема,

φ – угол трения в резьбе пары болт-гайка.

Определяем усилие на рукоятке по формуле 6.6

$$W = 4000 \cdot \frac{5,013}{4} \cdot \operatorname{tg}(0,018 + 0,2) = 1,110 \text{ кН}$$

Заключение

В результате выполненной выпускной квалификационной работы был рассчитан и спроектирован крановый узел Ду 700 мм.

Рассчитана толщина стенки трубопровода и соединительных деталей, а также проведена проверка на прочность элементов конструкции и сварных соединений. Выбран порядок сборки и сварки деталей приведенной конструкции, а также подобрано оборудование для сборки и сварки изделия. Результаты проверочного расчета показали, что конструкция с выбранными геометрическими параметрами может быть допущена к эксплуатации.

Проведенная система расчетов основных технологических параметров сварки для изготовления аппарата и анализ технологичности его изготовления свидетельствует:

- расчет на прочность по допускаемым напряжениям позволяет сделать вывод о способности выдерживать рабочие нагрузки;
- предлагаемые средства технологического оснащения позволяют обеспечить качественное выполнение сборки сварных соединений в процессе их изготовления.
- предлагаемая технология сборки и сварки кранового узла позволяет обеспечить повышение производительности, простоты, надежности и безопасности в работе.

Список использованных источников

1. **Держаки для ручной дуговой сварки** [Текст]: пат. 1030132 Рос. Федерация: МПК В23К37/04 Ганин Ю. П., Казин М. А., Лапшин Г. А., Ткаченко А. Н.; заявитель и патентообладатель Ганин Ю. П., Казин М. А., Лапшин Г. А., Ткаченко А. Н. – №3330940/25-27; заявл. 14.08.2013; опубл. 23.07.2015, Бюл. №27 (Ич.). – 4 с.

2. **Состав покрытия для сварки и наплавки электродами для низколегированных сталей** [Текст]: пат. 1454630 Рос. Федерация: МПК В23К101/04 Иванов А. И., Марченко В. Б., Гавва В. Н., Задорожный В. А., Домио А. А., Коцюбинский В. В., Костин В. М.; заявитель и патентообладатель ин-т электросварки им. Е. О. Патона – №4290100/31-27; заявл. 27.07.2011; опубл. 30.01.2013, Бюл. №4 (Ич.). – 6 с.

3. **Система стандартов безопасности труда пожарная безопасность** [Текст]: ГОСТ 12.1.004-91. – Введ. 1992-07-01. – М.: Стандартинформ, 2006 – II, 68 с.: ил.

4. **Магистральные трубопроводы** [Текст]: СНиП 2.05.06-85 – Введ. 1986-01-01. – М.: ФГУП ЦПП, 2005 – II, 88 с.: ил.

5. **Магистральные газопроводы** [Текст]: СТО Газпром 2-2.1-249-2008 – Введ. 2009-01-12. – ООО «ИРЦ Газпром», 2008. – I, 110 с.: ил.

6. **Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент** [Текст]: ГОСТ 10704-91. – Введ. 1979-01-01. – М.: Стандартинформ, 2007, – II, 14 с.: ил.

7. **Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент** [Текст]: ГОСТ 8732-78. – Введ. 1979-01-01. – М.: ИПК издательство стандартов, 2004 – II, 11 с.: ил.

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

9. **Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали** [Текст]: ГОСТ 17380-2001. – Введ. – 2003-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – I, 20 с.: ил.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

10.Краны шаровые, конусные и цилиндрические на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия[Текст]: ГОСТ 21345-2005. Введ. – 2008-04-01. – М.:Стандартинформ, 2008, 21с.: ил.

11.Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ПАО "Газпром". Инструкция по применению стальных труб [Текст]: СТО Газпром 2-2.1-131-2007. –Введ. – 2007-09-07. – ООО «ИРЦ Газпром»,2008, 96с.: ил.

12.Свод правил строительная климатология [Текст]: СНиП 23-01-99 – Введ. 2000-01-01. –М.: ГУП ЦПП,2003. – II, 113с.: ил.

13.Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Тройники. Конструкция[Текст]: ГОСТ 17376-2001. –Введ. – 2003-01-01. – М.:Стандартинформ, 2010. – I, 12с.: ил.

14. Технические требования к соединительным деталям[Текст]: СТО Газпром 2-4.1-273-2008 . – Введ. – 2007-17-09. – М.:ПАО «Газпром», 2008, 58 с.

15.Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали.Отводы крутоизогнутые типа 3D ($R \sim 1,5DN$). Конструкция[Текст]: ГОСТ 17375– 2001. –Введ. – 2003-01-01. – М.:Стандартинформ, 2010. – I, 10с.: ил.

16.Соединения трубопроводов и арматура. Номинальные диаметры. Ряды[Текст]: ГОСТ 28338-89. –Введ. – 1991-01-01. – М.:ИПК Издательство стандартов, 1997. – II, 4 с.

17. Краны шаровые и затворы дисковые. Строительные длины [Текст]: ГОСТ 28908-91. – Введ. – 1992-01-01. – М.:Стандартинформ, 2005, 6 с.

18. Соединения трубопроводов и арматура. Давления номинальные. Ряды [Текст]: ГОСТ 26349-84. – Введ. – 1986-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – III, 5 с.

19.Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов [Текст]: СТО Газпром 2-2.2-136-2007. – Введ. – 2007-22-01. – М.:ПАО «Газпром», 2007, 83 с.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

20. **Детали соединительные и узлы для магистральных газопроводов на Р до 9,8 МПа**[Текст]: ТУ 102-488-05. –Введ. – 2006-04-03. – АО Трубодеталь, 2006, 15с.: ил.

21. **Соединения сварные стальных трубопроводов**[Текст]: ГОСТ16037-80. –Введ. – 1981-01-07. – М.:Стандартинформ, 2005. – I, 24с.: ил.

22. **Инженерно-технологические основы подготовки сварочного производства** [Текст]: учеб.пособие / В.Г. Гордиевский, А.Е. Розен, С.Г. Усатый, [и др.] Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 276 с.

23. **Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений в приборостроении и ремонте промышленных и магистральных газопроводов**[Текст]: СТО Газпром2-2.4-083-2006 . – Введ. – 2007-20-02. – М.:ПАО «Газпром», 2006, 83 с.

24. **Магистральные трубопроводы**[Текст]: СНиП III-42-80. – Введ. – 2007-20-02. – М.:ФГУП ЦПП,2004, 173 с.

25. **Б.А. Таубер, Сборочно-сварочные механизмы и приспособления**[Текст]:учеб. для вузов -/- Б.А. Таубер – М: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 1951 г – 315 с.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Приложение

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

**КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
СВАРНОГО ШВА №1 КРАНОВОГО УЗЛА**

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	СТО Газпром 2-2.2-136-2007
2	Способ сварки	РД
3	Основной материал (марки)	09Г2С, 10Г2ФБЮ
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	ОК 53.70, ОК 74.70
6	Толщина свариваемых деталей	10, 8
7	Диаметр деталей в зоне сварки	720
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С17 ГОСТ 16037-80
10	Вид шва соединения	ос, зк
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия 30 град.
12	Положение при сварке	Н1 (не поворотное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Основное (Б)
14	Режимы подогрева	50-80 °С
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки

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

S	S1	N	b		c		e		e1		g = g1	
			Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.
10	8	4	2	+1	1,0	±0,5	18,0	+2	8	+2	1	+2

Сварочное оборудование (тип): выпрямитель Форсаж 315М

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от кромок разделки на ширину не менее 20 мм с наружной и внутренней стороны.Требования к прихватке: 2-3 прихватки равномерно по периметру. Длина каждой прихватки – 60–100 мм; высота – 2,0-3,0 мм.Защита сварочной ванны/защита корня шва: нет.Газ/флюс: нет.Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.Детали формирования корня шва: Шов выполняется без подкладки.

Технологические параметры сварки*

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6
1	2,5	по	60-75	20-26	4-5
2	2,5	по	60-75	20-26	4-5
3	3,2	по	90-120	20-26	4-5
4	3,2	по	90-120	20-26	4-5

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

Технологические требования к сварке РД:

1. Перед прихваткой и сваркой прокалить электроды при $t=300...350\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0 часов.
2. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. Длина дуги не должна превышать диаметра электрода. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу. Перед гашением дуги сварщик должен заполнить кратер путем постепенного отвода электрода и вывода дуги на 15-20 мм на наложенный шов. Последующее зажигание дуги производится на кромке свариваемого элемента или на металле шва на расстоянии 20-25 мм от кратера.
3. Во избежание зашлаковки металла шва около кромок свариваемых элементов следует наплавлять возможно более плоский валик.
4. Каждый последующий валик стыка укладывают в противоположном направлении.
5. "Замковые" участки последующих валиков смещают относительно предыдущих швов на 25-30мм.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех.способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО Газпром 2-2.4-083-2006	СТО Газпром 2-2.4-083-2006	100 %
Измерительный			100 %
Радиографический			100 %
Ультразвуковой			-

Разработал:

(подпись)

/Пеньшин А.П./

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		78

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ)
СВАРНОГО ШВА №2 КРАНОВОГО УЗЛА

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	СТО Газпром 2-2.2-136-2007
2	Способ сварки	РД
3	Основной материал (марки)	Сталь 20
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	ОК 53.70
6	Толщина свариваемых деталей	6
7	Диаметр деталей в зоне сварки	219
8	Тип шва	СШ
9	Тип соединения	Стыковое, С17 ГОСТ 16037-80
10	Вид шва соединения	дс, зк
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия 30 град.
12	Положение при сварке	Н1 (не поворотное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Основное (Б)
14	Режимы подогрева	50-80 °С
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

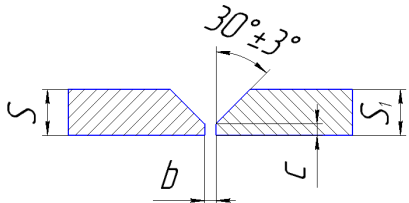
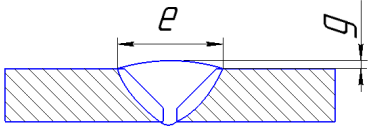
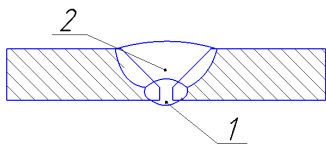
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S	S1	N	b		c		e		g	
			Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.	Номин.	Пред.откл.
6	6	2	1,0	+1 +0,5	1,0	±0,5	12,0	±1	1,5	+1,5 -0,5

Сварочное оборудование (тип): выпрямитель ВД-306Д

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от кромок разделки на ширину не менее 20 мм с наружной и внутренней стороны.

Требования к прихватке: 2-3 прихватки равномерно по периметру. Длина каждой прихватки – 20–30 мм; высота – 2,0-3,0 мм.

Защита сварочной ванны/защита корня шва: нет.

Газ/флюс: нет.

Неплавящийся электрод (тип, размер): нет.

Детали формирования корня шва: Шов выполняется без подкладки.

Технологические параметры сварки*

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	6
1	2,5	по	60-75	20-26	4-5
2	3,2	по	90-120	20-26	4-5

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

Технологические требования к сварке РД:

1. Перед прихваткой и сваркой прокалить электроды при $t=300...350^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0 часов.
2. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. Длина дуги не должна превышать диаметра электрода. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу. Перед гашением дуги сварщик должен заполнить кратер путем постепенного отвода электрода и вывода дуги на 15-20 мм на наложенный шов. Последующее зажигание дуги производится на кромке свариваемого элемента или на металле шва на расстоянии 20-25 мм от кратера.
3. Во избежание зашлаковки металла шва около кромок свариваемых элементов следует наплавлять возможно более плоский валик.
4. Каждый последующий валик стыка укладывают в противоположном направлении.
5. "Замковые" участки последующих валиков смещают относительно предыдущих швов на 25-30мм.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех.способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО Газпром 2-2.4-083-2006	СТО Газпром 2-2.4-083-2006	100 %
Измерительный			100 %
Радиографический			100 %
Ультразвуковой			-

Разработал:

(подпись)

/Пеньшин А.П./

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

КАРТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ (НАПЛАВКИ) СВАРНЫХ ШВОВ №3 КРАНОВОГО УЗЛА

№ п/п	Наименование	Обозначения (показатели)
1	Нормативный документ	ГОСТ 16037-80
2	Способ сварки	РД
3	Основной материал (марки)	09Г2С
4	Основной материал (группа)	М01
5	Сварочные материалы	ОК 53.70
6	Толщина свариваемых деталей	10,0;8,0
7	Диаметр деталей в зоне сварки	
8	Тип шва	УШ
9	Тип соединения	Угловое, У19ГОСТ 16037-80
10	Вид шва соединения	ос, бп
11	Форма подготовки кромок	С разделкой кромок при угле раскрытия 50 град.
12	Положение при сварке	Н1 (неповоротное)
13	Вид покрытия электродов (для РД)	Основное (Б)
14	Режимы подогрева	50-80 °С
15	Режимы термообработки	Термообработка отсутствует
16	Дополнительные параметры	нет

Таблица 1. – Последовательность выполнения и форма сварного соединения.

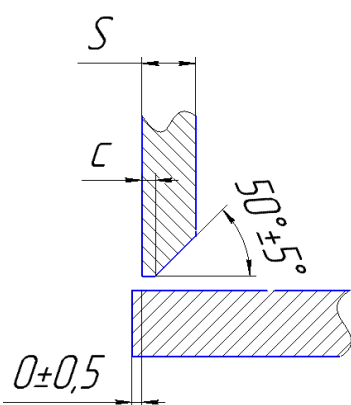
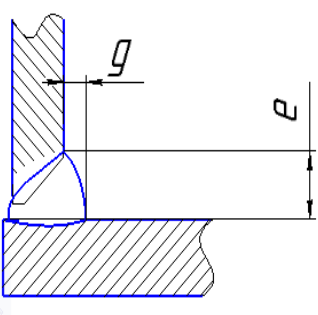
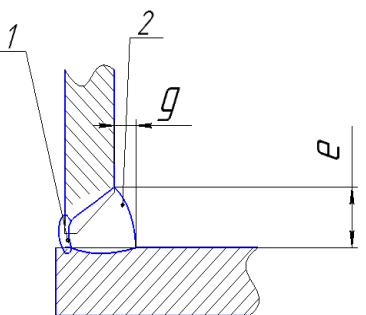
Конструкция соединения	Конструктивные элементы шва	Порядок сварки
		

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

S	S 1	N	b		c		e		g		k		k ₁	
			Но- мин.	Пред.от кл.	Но- мин.	Пред.от кл.	Но- мин.	Пред.от кл.	Но- мин.	Пред.от кл.	Но- мин.	Пред.от кл.	Но- мин.	Пред.от кл.
8	-	2	1	+1 -0,5	1	+1 -0,5	14	+3,0	3	+2				

Сварочное оборудование (тип): выпрямитель ВД-306Д

Метод подготовки и очистки: Зачистка механическим способом до металлического блеска участков металла от кромок разделки на ширину не менее 20 мм с наружной и внутренней стороны.Требования к прихватке: 2-3 прихватки равномерно по периметру. Длина каждой прихватки – 20–30 мм; высота – 1,0-2,0 мм.Защита сварочной ванны/защита корня шва: нетГаз/флюс: нетНеплавящийся электрод (тип, размер): нетДетали формирования корня шва: Шов выполняется без подкладки.

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Параметры процесса сварки (наплавки)

Номер слоя (валика)	Диаметр электрода, мм	Род и полярность тока	Сварочный ток, А	Напряжение дуги, В	Скорость сварки, м/ч
1	2	3	4	5	7
1	2,6	по	60-75	20-26	4-5
2	3.2	по	90-120	20-26	4-5

Примечания: 1) – скорость сварки дана для справки.

Технологические требования к сварке РД:

1. Перед прихваткой и сваркой прокалить электроды при $t=300...350\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течении 2,0 часов.
2. Сварку следует выполнять минимально возможно короткой дугой. Длина дуги не должна превышать диаметра электрода. В процессе сварки необходимо как можно реже обрывать дугу. Перед гашением дуги сварщик должен заполнить кратер путем постепенного отвода электрода и вывода дуги на 15-20 мм на наложенный шов. Последующее зажигание дуги производится на кромке свариваемого элемента или на металле шва на расстоянии 20-25 мм от кратера.
3. Во избежание зашлаковки металла шва около кромок свариваемых элементов следует наплавлять возможно более плоский валик.
4. Каждый последующий валик стыка укладывают в противоположном направлении.
5. "Замковые" участки последующих валиков смещают относительно предыдущих швов на 12-18 мм.
6. После каждого прохода произвести зачистку слоев от шлака и брызг металла мех.способом.
7. Геометрические размеры собранного под сварку соединения и соединения после сварки должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Примечание. Приводятся требования к последовательности выполнения валиков (слоев) шва, температурному режиму сварки, наличию поворота и перемещению изделия при сварке, толщине корневой части шва, толщине и ширине валиков (слоев) шва и т.п.

Требования к контролю качества

Метод контроля, вид испытаний	НД на методику контроля	НД на оценку качества	Объем контроля
Визуальный	СТО Газпром 2-2.4-083-2006	СТО Газпром 2-2.4-083-2006	100 %
Измерительный			100 %
Радиографический			100 %
Ультразвуковой			> 20 %

Разработал:

(подпись)

/Пеньшин А.П./

					ПГУ.ВКР.15.03.01.14МО110.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82