

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра « Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Сварочные технологии в ОАО «Газпромтрансгаз Самара»

Студент

С.В. Андреев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Цель выпускной работы бакалавра: увеличение производительности труда и повышение качества при соединении сваркой стыков труб магистральных газопроводов.

Для того чтобы достичь поставленную в работе цель, нужно было решить следующие задачи:

1. разработать технологию комбинированной сварки стыков трубопровода;
2. подобрать необходимое сварочное оборудование;
3. выявить вредные и опасные факторы при сварке технологических стыков и разработать мероприятия по борьбе с ними;
4. выполнить расчет экономической эффективности разработанных технических мероприятий.

В работе выполнен анализ технологического процесса ручной дуговой сварки газопроводов в ОАО «Гаспромтрансгаз Самара», по результатам которого выявлена большая степень трудоемкости и низкий уровень механизации и автоматизации сварочных работ. Разработана технология механизированной сварки. Для реализации техпроцесса механизированной сварки проведен выбор оборудования.

Также разработаны мероприятия по безопасному производству работ и рассчитана экономическая эффективность бакалаврской работы.

Пояснительная записка бакалаврской работы включает в себя 74 страницы, 6 рисунков, 11 таблиц. В графическую часть включено 8 листов формата А 1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	7
1.1 Применяемая в ОАО «Газпромтрансгаз Самара» технология сварки стыков магистральных газопроводов	7
1.2 Оборудование, используемое при сварке.....	15
1.3 Требования к производственному персоналу	16
1.4 Контроль качества.....	17
1.5 Анализ известных технических решений	20
1.6 Задачи работы	27
2 Разработка технологического процесса сварки захлестов.....	29
2.1 Подготовительные работы	29
2.2 Сварка корневого слоя	30
2.3 Сварка облицовочного и заполняющих слоев	31
3 Подбор оборудования для комбинированной сварки.....	37
4 Безопасность и экологичность проекта.	40
4.1 Характеристика участка сварки.	40
4.2 Опасные факторы участка сварки.	41
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	43
4.4 Пожарная и техногенная безопасность рассматриваемого технического объекта.....	43
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технического объекта.....	45
Заключение по разделу	46
5 Экономическая эффективность проекта.....	47
5.1 Исходные данные для расчетов	48
5.2 Определение норм времени на сварку стыка и фонда времени работы оборудования.....	49

5.3 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам	50
5.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии.....	53
5.5 Цеховая себестоимость	59
5.6 Заводская себестоимость	59
5.7 Показатели экономической эффективности проекта	60
Выводы по экономическому разделу.....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	64

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важнейшими товарами Российской Федерации на мировом рынке являются нефть и газ. Также они являются сырьем для многих предприятий в самой России, например, топливно-энергетического комплекса, нефтехимической промышленности. Таким образом, эффективная добыча и транспортировка нефти и газа к потребителям (или покупателям) является актуальной для нефтегазовой отрасли и экономики всей страны. Однако, районы добычи и потребители нефти и газа находятся на больших расстояниях друг от друга. Лидирующие позиции среди разных способов доставки нефти и газа занимает трубопроводный транспорт. Например, ОАО «Газпромтрансгаз Самара» занимается строительством и обслуживанием магистральных газопроводов.

При строительстве магистральных трубопроводов выполняют большой перечень разнообразных работ, начиная от подготовительных и заканчивая засыпкой траншей. Однако, важнейшим процессом, оказывающим существенное влияние на эксплуатационные характеристики будущего трубопровода, являются работы по монтажу и сварке. Поэтому модернизация технологий сварки стыков магистральных трубопроводов является актуальной.

Поскольку длина труб, доставляемых к месту монтажа трубопроводов, ограничена возможностями транспортных средств, поэтому соединяют трубы, как правило, сваркой, и выполняют при этом тысячи стыков. Следовательно важным является высокая производительность процесса сварки стыков.

Для трубопроводов характерными являются значительные величины давлений при эксплуатации. Выявлять повреждения в трубопроводах и производить их ремонт в полевых условиях сложно и затратно. Отсюда необходимость обеспечения высокого качества сварных стыков.

Отсюда формулируем цель бакалаврской работы – увеличение производительности труда и повышение качества при соединении сваркой

стыков труб магистральных газопроводов.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Применяемая в ОАО «Газпромтрансгаз Самара» технология сварки стыков магистральных газопроводов

При строительстве и ремонте магистральных газопроводов для сварки стыков, согласно строительных норм и руководящих документов, могут быть применены следующие способы сварки:

- автоматическая, под флюсом;
- автоматическая, в защитных газах проволокой со сплошным сечением;
- автоматическая, в защитных газах порошковой проволокой;
- механизированная, в среде углекислого газа проволокой со сплошным сечением с применением источников тока обладающих специальными характеристиками (способ STT);
- механизированная самозащитной порошковой проволокой;
- ручная электродуговая покрытыми электродами (с обмазкой);
- ручная аргонодуговая неплавящимся электродом (при выполнении корневого слоя шва для труб малого диаметра и при выполнении всех слоев шва для тонкостенных труб).

Общие требования к технологиям сварки, используемым в процессе строительства и капитального ремонта магистральных трубопроводов, они должны быть аттестованы. Технологии сварки должны пройти приемку согласно соответствующих руководящих документов и это должно быть подтверждено Свидетельством НАКСа.

Оборудование для осуществления любого из перечисленного выше способов сварки представляет из комплекс, в состав которого входят трубоукладчики, передвижные дизельные электростанции, центраторы, источники питания, оборудование для выполнения операций подогрева труб, оборудование для выполнения операций контроля.

В ОАО «Газпромтрансгаз Самара» приходится иметь дело с обширной

номенклатурой труб. Преимущественно, это трубы согласно ГОСТ 10706-76, ГОСТ 10704-91 из сталей типа X65, X70.

Двузначные цифры в указанных индексах обозначения сталей указывают группу прочности по минимальному значению предела текучести в фунтах, отнесенному к квадратному дюйму и разделенному на 1000. Для того, чтобы данное значение перевести в мегапаскали его нужно умножить на 7,03. Таким образом минимальные значения пределов текучести сталей составляют 470 и 510 мПа.

Современные стали изготовления труб с толщиной стенки 13,7– 30 мм содержат добавки Nb(0,015– ,072%), V(0,02– 0,09%) и Mo(0,19– 0,35%).

В последние годы заводами изготовителями был осуществлен переход от сталей типа 17Г2АФ, 14Г2АФ-У к малоperlитным сталям, микролегированным ниобием, и освоено производство стали марки 09Г2ФБ. В указанных сталях (X65, X70) требуемое сочетание прочности, пластичности и вязкости после деформационно-термического упрочнения достигается путем измельчения зерен феррита, образования карбонитридных фаз и необходимого объема продуктов неравновесного распада аустенита при достижении оптимальной $V_{0\text{хл}}$ листа.

На концах труб должна быть фаска. Угол фаски к торцу трубы должен составлять 25—30°. В процессе снятия фаски следует предусмотреть притупление (торцовое кольцо). Для труб диаметра менее 1020 мм ширина притупления 1,0—3,0 мм. Для труб диаметра свыше 1020 мм ширина притупления 1,0—5,0 мм. Величина угла скоса фаски должна составлять 30–35 °. У труб, толщина стенки которых превышает 15 мм, разделку кромок выполняют в соответствии с рисунком 1.1. Свариваемый газопровод показан на рисунке 1.2.

Сварку стыков магистрального газопровода выполняет бригада рабочих в состав которой входит прораб (мастер), бригадир, сварщики, машинист передвижной электростанции, газорезчик, дизелист, монтажники, машинисты тракторов трубоукладчиков. Требования к квалификации и

подготовке участников бригады изложены ниже.

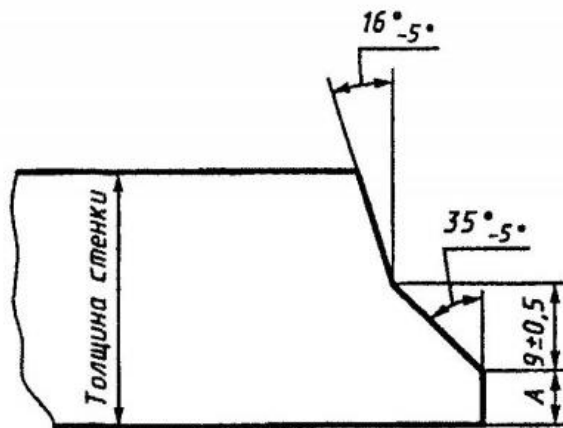


Рисунок 1.1 – Разделка кромок труб с толщиной стенки более 15 мм

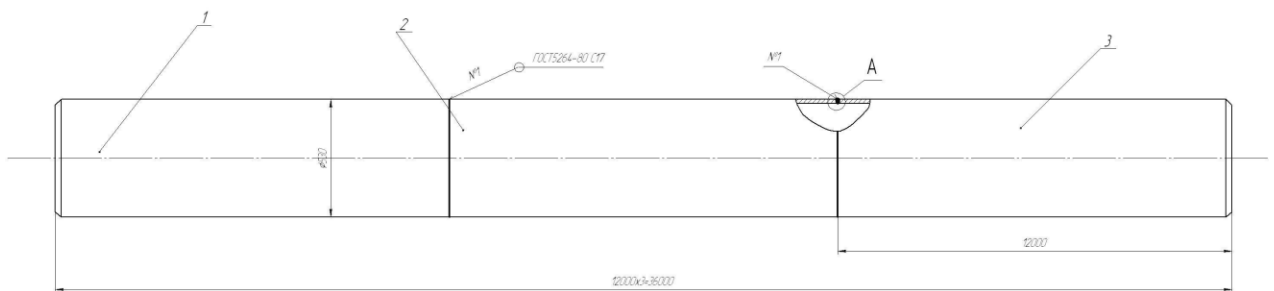


Рисунок 1.2 – Общий вид свариваемого газопровода, вид А см. рис. 1.1.

Поступающие к месту сварки трубопровода трубы подвергаются входному контролю. Проверяют сертификаты (паспорта). Кроме того, сертификаты проверяют на детали трубопроводов, сварочные материалы. Выдержавшие проверку трубы складировются, и по мере необходимости транспортируются на участок сварки трубоукладчиками. Во время транспортировки следят, чтобы не повредить поверхность фасок.

Уже на участке сварки, перед сборкой, производят очистку внутренних полостей труб от загрязнений, снега, грунта. Выполняют зачистку кромок, внутренних и наружных и прилегающих поверхностей до металлического блеска на ширину 15 мм. При наличии дефектов глубиной

от 0,2 мм до 5% от толщины стенок труб их устраняют шлифованием.

Если глубина дефектов не превышает 5 мм для их ремонта применяют наплавку электродами с основным видом покрытия, [6].

Отремонтированные поверхности следует зачищать абразивным инструментом для восстановления заводской разделки. Толщина трубы после выполненного ремонта должна находиться в пределах минусового допуска, который отражен в документе на трубы.

Если на концах трубы обнаружены дефекты, глубина которых по результатам замера превышает 5 мм, или выявлены вмятины глубина которых достигает 3,5% от диаметра трубы, следует отрезать конец трубы и проконтролировать участок методом ультразвукового контроля для выявления расслоений, прилегающих к обрезанному торцу.

При выявлении расслоений, трубу необходимо обрезать на расстоянии не ближе 300 мм от торца и повторно выполнить ультразвуковой контроль.

Трубы, соответствующие требованиям подают на операцию стыковки. Осуществляют стыковку трактора-трубоукладчики. После стыковки труб используя центраторы совмещают кромки труб, выставляют требуемые зазоры.

Для определения допустимой величины смещения кромок используют данные таблицы 1.1. Величину смещения кромок определяют с помощью шаблона типа УШС-3.

Для сборки труб диаметр которых превышает 530 мм и в других случаях, если это позволяют условия выполнения работ, применяют внутренние центраторы пневматического или гидравлического типа.

При сварке стыков, или соединений труба -кран, труба - фитинг, в случае невозможности применения внутренних центраторов, сборка осуществляется на наружных эксцентриковых или звенных центраторах.

Таблица 1.1 – Допускаемая величина смещения кромок

Диаметр, мм	Свариваемые элементы	Толщина стенки нормативная, мм	Допускаемая величина смещения наружных поверхностей кромок снаружи	Допускаемая величина смещения поверхностей кромок изнутри	
От 20 мм до 89 мм	Трубы электросварные, или труба электросварная + деталь	Менее 10	До 40% вкл. От нормативной толщины стенки трубы, но не более 2 мм		
		10	Не более 2 мм		
	Бесшовные трубы, (бесшовная труба + деталь)	2,0 – 3,2	Не регламентируется. Должен быть обеспечен плавный переход поверхности облицовочного слоя шва к основному металлу.	Не больше 0,5	
		3,5 – 4,5		Не больше 1,0	
		5,0 – 8,0		Не больше 1,5	
		8,5 – 10,0		Не больше 2,0	
	Свыше 89 мм до 1020 мм	Трубы электросварные, или труба электросварная + деталь	Меньше 10	До 40% вкл. От нормативной толщины стенки трубы, но не более 2 мм	
10 и более			До 20% вкл. От нормативной толщины стенки трубы, но не более 3 мм.		
Трубы бесшовные или труба бесшовная + деталь		Меньше 10	Не регламентируется. Следует обеспечить плавный переход поверхности облицовочного слоя шва к основному металлу.	До 40% вкл. От нормативной толщины стенки трубы, но не более 2 мм.	
		10 и более		Не более 2 мм. На участках длиной менее 100 мм допускаются до 3 мм включит..	
57		Труба + арматура		То же	Не более 1,0 мм
89-168					Не более 1,5 мм
219-426	Не более 2,0 мм				

Причем, смещать заводские швы, продольные и спиральные, относительно друг друга следует на расстояние свыше 100 мм. Следует стремиться к тому, чтобы продольные заводские швы располагались в верхней части полупериметра соединяемых труб.

Зазор в подготовленных к сварке стыках должен быть согласован с приведенными в таблице 1.2 данными.

Таблица 1.2 – Геометрические характеристики зазора в стыках

Диаметр электрода, используемого для сварки корневого слоя, мм	Зазор, мм
2,5 (2,6)_	2,0-3,0
3,0 (3,2)	2,5-3,5

Фиксировать величину сборочного зазора можно установкой прихваток. Затем, при сварке корневого слоя прихватки полностью удаляют.

Прихватки следует равномерно распределять по стыку. Прихватки нельзя выполнять ближе 100 мм от продольных швов. Параметры режима технологического процесса сварки прихваток должны соответствовать параметрам режима технологического процесса сварки корневого слоя шва.

Для определения количества и размеров прихваток можно ориентироваться на сведения в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Число прихваток и размеры прихваток

Выполняемая работа	Диаметр стыка, мм	Минимальное число прихваток, шт	Длина прихваток, мм	примечание
Сборка стыков труб	До 400	2	30-50	При сборке на внутреннем центраторе допускается не выполнять прихватки
	Св. 400 до 1000	3	60-100	
	Св. 1000 до 1400	4	100-200	
Сборка стыков «труба+деталь», «труба+арматура»	От 57 до 89	2	30-40	
	Св. 89 до 159	2	40-50	
	Св. 159 до 426	3	60-60	
	426	3	40-50	
	Св 426 до 720	3	60-100	
	Св 720 до 1020	4	100-150	

Прихватки после сварки следует зачистить. После зачистки прихваток выполняют корневой слой шва.

Непосредственно после того, как корневой слой шва выполнен, его зачищают шлифовальным кругом снаружи трубы. Для труб диаметром свыше 1020 мм корневой слой зачищают изнутри трубы и выполняют визуальный контроль.

После того, как корень шва выполнен, центратор снят, начинается заполнение разделки. Разделку заполняют снизу - вверх электродами с основным видом покрытия; сверху - вниз электродами с целлюлозным покрытием.

Общее число сварщиков, одновременно сваривающих один стык, не должно быть меньше указанного в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Число сварщиков, одновременно сваривающих 1 стык

Выполняемая работа	Диаметр трубы, мм	Число сварщиков, одновременно сваривающих 1 стык
Сварка стыков труб	Меньше 273	1
	273 и более	2
Сварка стыков «труба+деталь», «труба+арматура»	Меньше 219	1
	Более 219	2
Сварка прямых врезок	Ответвления до 273	1
	Ответвления 273 и более	2
Ремонт сварных швов		1

Дугу следует возбуждать на поверхности ранее варенного участка шва или в разделке кромок.

Начало сварки каждого прохода труб или деталей следует начинать и заканчивать, соблюдая следующие минимальные расстояния от продольных швов: 50 мм для диаметра 426 мм; 75 мм для диаметров 530 - 820 мм; 100 мм для диаметра свыше 1020 мм.

Для элементов диаметром 426 -1020 мм дугу возбуждать, при начале сварки каждого следующего слоя шва, следует смещая относительно начала предыдущего слоя на 30 мм и более. Для элементов диаметром 426 -1020 мм

(«замки» шва (места завершения сварки смежных слоев шва) необходимо смещать на расстояние не менее 70— 100 мм относительно друг друга.

При сварке стыка каждый слой следует зачищать от брызг металла и шлака.

Минимальное количество выполняемых слоев шва (подварочный слой не учитывается) приведено в таблице 1.5.

Таблица 1.5 - Минимальное количество выполняемых слоев сварного шва

Выполняемая работа	Диаметр стыков, мм	Толщина стенок труб, мм	Минимальное количество слоев шва при сварке электродами с разным типом покрытия	
			основное	целлюлозное
Сварка стыков труб	От 89 до 426	от 4,0 до 6,0	2	-
		от 6,0 до 10	3	-
		от 10,0 до 12,5	4	-
		от 12,5	1 слой на 3-4 мм	-
Сварка элементов магистрального газопровода	426 и более	До 10	2	3
		от. 10 до 15	3	4
		от 15 до 20	4	5
		от 20 до 25	5	6
		от 25 до 32	6	7
Заварка дефектного участка сварного шва			2	-

При толщине стенки трубы до 10 мм включительно, сварное соединение нельзя оставлять незаконченным. При толщине стенки трубы более 10 мм сварное соединение допускается оставить незаконченным на срок не более 24 час, при условии, что сварной шов выполнен более чем на 2/3 толщины стенки трубы.

Незавершенные стыки, сразу после сварки, накрывают специальными поясами для медленного и равномерного охлаждения. Перед тем, как возобновить сварку незавершенный стык следует просушить нагревая до 50°С.

При выполнении сварного шва не допускаются перемещения или другие внешние воздействия на свариваемый стык, до тех пор, пока не будет полностью выполнен корневой слой шва.

Места на облицовочном слое шва с превышением гребней над впадинами свыше 1 мм и более (грубая чешуйчатость поверхности) и с размерами усиления превышающие требования стандартов, следует обработать напильником или шлифовальным кругом.

При выполнении сварки режимы должны соответствовать указанным в технологической карте на сварку стыка.

Выполняя облицовочный слой сварщик должен обеспечить перекрытие основного металла на обеих сторонах разделки на величину 2,5-3,5 мм. При этом высота облицовочного слоя должна быть от 1 до 3 миллиметров.

После выполнения стыка его контролируют. Стык контролируют 100% визуальным, 100% УЗК и 100% радиографическим методом. Подробнее требования к контролю рассмотрены ниже.

1.2 Оборудование, используемое при сварке

При сварке швов магистральных газопроводов следует применять источники питания сварочной дуги устойчиво работающие во всех диапазонах рабочих токов. Напряжение холостого хода в пределах 70 - 80 В. Рабочее напряжение должно находиться в пределах 30 - 35 В. При меньших значениях напряжения источник должен быть укомплектован устройством зажигания дуги путем подачи одного или нескольких импульсов высокого напряжения. Применяют источники с высокими динамическими свойствами. Переход от короткого замыкания к рабочему режиму не более 0,01 сек.

У источников должны быть дистанционные регуляторы тока, при длине кабеля подключения до 40 м.

Если применяется многопостовая система питания сварочных постов, то величина сварочного тока и величина напряжения не должны изменяться более чем на $\pm 10\%$, из-за их взаимного влияния.

Применяемые источники питания сварочной дуги тока должны быть степени защиты IP23 по ГОСТ 14254-96 по устойчивости к действию климатических и внешних механических факторов.

Источники следует поддерживать в исправном состоянии, своевременно проводить техническое обслуживание. У источников должны быть паспорта, инструкции по эксплуатации.

Заземлению подлежат корпус источника и его вторичная обмотка.

Применяемые для сборки труб центраторы, не должны наносить царапины, задиры, оставлять масляные пятна на трубах.

В используемых для прокалки электродов печах и электропеналах, должны быть термометры и заземление.

1.3 Требования к производственному персоналу

В ОАО «Газпромтрансгаз Самара» работами, касающимися сварки, контроля и термообработки сварных швов магистральных газопроводов, руководят инженерно-технические работники изучившие Правила Госгортехнадзора, чертежи, соответствующие инструкции и руководящие документы. Их знания проверяются в установленном порядке. Руководителей сварочных работ аттестуют не ниже 2-го уровня подготовки согласно Положению об аттестации НАКС (Национального Аттестационного Комитета по Сварочному Производству).

Специалисты, разрабатывающие технологии выполнения сварочных работ, аттестованы на уровень не ниже 3-го в согласно Положения об аттестации НАКС.

В ОАО «Газпромтрансгаз Самара» сварщики, допускаемые к работам по сварке магистральных газопроводов, имеют разряд не ниже 5-

го, и, соответственно II группу допуска по Правилам эксплуатации электроустановок. У сварщиков должны быть действующие аттестационные удостоверения 1 уровня согласно Положения об аттестации НАКС. В удостоверении указан вид сварочных работ, к которому рабочий допускается. Кроме того, каждый сварщик сдает экзамен по знаниям пожарной безопасности и техники безопасности.

Перед началом работ по сварке трубопровода проводят допускные испытания посредством сварки допускных стыков. Причем, катушки труб, используемые для сварки этих стыков должны полностью соответствовать трубам для газопровода по классу прочности, диаметру, толщине стенки и разделке кромок. Длина катушек не должна быть менее 125 мм.

Допускной стык сварщик выполняет в присутствии представителей службы технадзора. Допускные стыки газопроводов помимо визуально-измерительного контроля проверяют физическими методами: радиографическим или ультразвуковым и проводят механические испытания.

1.4 Контроль качества

Контроль качества в процессе строительства магистральных газопроводов условно разделяется на 3 группы, предварительный, пооперационный и контроль качества выполненных работ [11].

В операции предварительного контроля включены:

- проверка документов на трубы и самих труб;
- проверка документов на сварочные материалы и самих материалов;
- проверка оборудования и документов на оборудование;
- проверка наличия у работников необходимых документов;
- проверку лицензий у предприятия занятого в строительстве газопровода.

Трубы, применяемые при строительстве газопроводов должны соответствовать требованиям ГОСТ, ТУ, СНиП, и иных документов. При входном контроле труб, предназначенных для проведения монтажа

газопровода выполняют следующие операции контроля:

- а) проверяют сертификаты, паспорта, данные, в них указанные и соответствие этих данных требованиям нормативных документов;
- б) проверяют заводскую маркировку и соответствие ее данным сертификатов или паспортов;
- в) осматривают трубы, конструктивные элементы трубопроводов для выявления повреждений и дефектов.

Если сертификат отсутствует или сведения в нем неполны, металл используют для монтажа только после проведения соответствующих испытаний, по результатам которых подтверждено соответствие металла требованиям.

Если сертификат отсутствует на конструктивные элементы газопровода, их не запускают в производство.

Входной контроль основных материалов выполняют по ГОСТ 24297—87 ОАО «Газпромтрансгаз Самара» — заказчик материалов.

Сварочные материалы применяемые при строительстве газопровода проверяют на наличие необходимых документов.

Проверяют состояние упаковки сварочных электродов, она должна быть целая и герметичная. Увлажнение недопустимо.

Перед запуском в работу электродов, сварочной проволоки, флюса проверяют:

- а) сертификат приведенные в нем сведения;
- б) наличие этикеток или бирок завода изготовителя на пачках, коробках и сведения, приведенные в них;
- в) сохранность упаковок и материалов;
- г) документов на соответствующие газы.

При отсутствии сертификатов или неполноте сведений, проводят испытания согласно соответствующим документам и после получения положительных результатов по всем показателям данный материал можно использовать.

Если есть расхождения между данными сертификатов и требованиями документации на сварочные материалы их в работу не допускают.

Дополнительно, на производственном участке сварщик проверяет, прокалены ли материалы и срок действия прокалки не истек ли.

После окончания технологических операций сварки для контроля качества применяют следующие методы неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль, включающий измерение сварных швов, качество зачистки их поверхностей и поверхностей трубопровода от шлака и брызг; ультразвуковой контроль; радиографический контроль.

Визуальный контроль выполняют как невооруженным глазом, так и с применением лупы 4—7-кратного увеличения.

Радиографический контроль выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 7512—82 и РД 34 10.068—91.

Ультразвуковой контроль выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 14782—86.

Из всего перечня сварочных работ, выполняемых в ОАО «Газпромтрансгаз Самара» особое внимание уделяется выполнению технологических стыков труб. Различают следующие стыки, в зависимости от условий:

свободные, не засыпанные землей концы трубопровода, и лежащие в траншее или на бровке траншеи;

свободен один конец трубопровода, который может быть свободно перемещен; другой конец заземлен, засыпан землей, например;

заземлены оба конца трубопровода, соединены с патрубками запорной арматуры.

Если концы трубопровода не засыпаны землей, первый вариант, или засыпан землей только один конец трубопровода, второй вариант, замыкание трубопровода осуществляют одним кольцевым стыком. Для третьего варианта требуется вварить катушку и выполнить два кольцевых стыка.

Работы по сварке стыков рекомендуется выполнять днем и при

температуре не менее -40 °С.

Для сварки технологических стыков могут применяться следующие варианты сварки, допускаемые руководящими документами по сварке магистральных газопроводов:

все слои шва – ручной дуговой сваркой штучными электродами с основным покрытием;

корневой слой - ручной дуговой сваркой штучными электродами с основным покрытием, заполнение разделки - механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой;

корневой слой - ручной дуговой сваркой штучными электродами с основным покрытием, заполнение разделки - автоматической сваркой порошковой проволокой в среде защитных газов;

корневой слой - механизированной сваркой в среде углекислого газа с управляемым переносом капель, способ STT, заполнение разделки механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой;

корневой слой - механизированной сваркой в среде углекислого газа с управляемым переносом капель, способ STT, заполнение разделки автоматической сваркой порошковой проволокой в среде защитных газов;

1.5 Анализ известных технических решений

Способ ручной дуговой сварки широко применяют при строительстве магистральных газопроводов, и не только в ОАО «Газпромтрансгаз Самара». Связано это с тем, что указанная технология универсальна, хорошо освоена на предприятиях трубопроводного строительства, сравнительно простая. Кроме того, в сравнении с технологиями автоматической сварки способ характеризует относительная дешевизна.

Однако такие недостатки как сравнительно низкие производительность и качество сварного соединения, зависимость качества сварных соединения от квалификации и добросовестности работников.

Только рабочие высокого уровня подготовки могут свести к минимуму влияние внешних факторов и своего субъективного состояния на качество выполненной работы. Поэтому в ОАО «Газпромтрансгаз Самара» с целью увеличения производительности и повышения качества сварных соединений применяют технологии механизированной и автоматической дуговой сварки. Применение механизации и автоматизации в различных вариантах уменьшает утомляемость сварщика, улучшает условия его труда и т.д.

Повысить темпы и качество сварочных работ при строительстве магистральных газопроводов можно используя механизированные и автоматические способы сварочных работ.

Возможно применение результатов передовых разработок ученых. Так в работе [12] ученых Тольяттинского государственного университета была поставлена цель – исследовать влияние на характеристики качества сварных соединений различного рода неоднородностей в сварном шве.

Изучали трубы из сталей 09ГСФ и 13ХФА. Поскольку сталь 13ХФА характеризуется высокими показателями коррозионной стойкости, то она находит в последнее время все более широкое применение при производстве труб для строительства нефтепроводов.

Исследовали структуру и свойства указанных сталей в зависимости от параметров режима термообработки. В качестве варьируемого параметра принимали температуру нагрева. Диапазон изменения принимали 680...920 °С..

Результаты проведенных исследований позволили сделать вывод, что предпочтительным вариантом выполнения соединений труб является сварка токами высокой частоты. Стали 09ГСФ и 13ХФА применяются для строительства трубопроводов в ОАО «Газпромтрансгаз Самара»

После высокотемпературного отпуска при 720 °С и последующего ускоренного охлаждения от 600 °С у сварных соединений из стали 13ХФА повышаются механические свойства и коррозионная стойкость.

Целью работы [15] является повышение эффективности технологии орбитальной сварки неплавящимся электродом трубопроводов диаметром свыше 100 мм за счет численного моделирования процесса.

Сварку образцов для верификации разработанной математической модели проводили на трубосварочном монтажном автомате ТАМ-2. Из образцов готовили макрошлифы поперечных сечений швов и на них измеряли геометрические размеры. Оценку погрешности разработанной математической модели процесса производили, сравнивая результаты расчетов с данными экспериментов, и совмещая расчетные и натурные макрошлифы.

Материал труб для сварки образцов - сталь 12X18H10T, диаметр трубы внутренний - 108 мм. Параметры режима сварки: вольфрамовый электрод диаметром 2 мм, угол заточки электрода 30°, диаметр притупления 0,5 мм, защитный газ аргон 100%. При многопроходной сварке использовали присадочную проволоку Св-04X19H11M3. Диаметр проволоки 1,6 мм.

Были получены следующие основные результаты и выводы по работе.

Показано, что основные задачи разработки технологического техпроцесса орбитальной сварки - определение параметров режима, обеспечивающих получение сварных швов с размерами, соответствующими требованиям нормативно-технической документации. Однако определение параметров режима в условиях лаборатории не обеспечивает полного совпадения с условиями эксплуатации. Нивелировать указанное несоответствие можно путем компьютерного моделирования.

Разработанная модель процесса многопроходной орбитальной сварки учитывает смещение горелки относительно оси шва, геометрические параметры разделки кромок и другие переменные. С помощью разработанной модели возможно определение влияния режимов сварки на геометрические характеристики сварного шва.

Сравнение результатов расчетов и результатов эксперимента показало, что погрешность для корневого шва 7%, для облицовочного слоя 4%.

Разработанная авторами модель легла в основу программного продукта, который задает для программно-управляемого оборудования управляющие сигналы, обеспечивающие такое положение в пространстве сварочной горелки, чтобы минимизировать отклонения параметров режима на геометрию шва.

Расчеты подтвердили, что при потолочном положении выявляются наибольшие отклонения от геометрических размеров сварного шва в результате неустойчивости параметров режима сварки.

Методики расчета геометрических параметров шва были внедрены в производство для проектирования автоматов орбитальной сварки.

Следует отметить, что при сварке магистральных трубопроводов широко применяются автоматы «Эванс». Однако это дорогостоящее, сложное в обслуживании и эксплуатации оборудование. Применение автоматов подешевле могло бы быть «по карману» ОАО «Газпромтрансгаз Самара».

Цель работы [10] – оценить склонность трубных сталей различной категории прочности к термомеханическому старению.

Проводили исследования фрагментов труб из сталей X50 и X80. Выше было указано, что стали X80 и X50 используются при строительстве трубопроводов ОАО «Газпромтрансгаз Самара».

Исследовали старение в соответствии с ГОСТ 7268—82. Размер образцов задавали 12*12*250 мм. Растягивали образцы на оборудовании EU 40. Оценивали комплекс механических свойств металла при статическом, согласно ГОСТ 1497—84 и динамическом, согласно ГОСТ 9454—78 нагружении.

Результаты исследований позволили сделать вывод, что пластичность при термомеханическом старении снижается а прочность повышается.

Например, предел прочности у стали категории прочности X80 возрастал на 13 %, предел текучести на 24%.

В работе сделаны выводы, что трубные стали категории прочности X50 склонны к существенному охрупчиванию за счет деформационного старения. В свою очередь, трубные стали категории прочности X80 с бейнитной структурой охрупчиваются за счет деформационного старения только при эксплуатации в области температур ниже $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Целью работы [17] является повышение качества сварных соединений трубных сталей класса прочности до K70 диаметром 1220 и 1420 мм за счет модернизации технологического процесса сварки кольцевых стыковых соединений труб магистральных трубопроводов.

Исследования проводили на низколегированных сталях трубного назначения, используемых при строительстве магистральных трубопроводов - 17Г1С-У и X70. Параметры данных сталей установлены соответствующими документами: значение гарантированного предела текучести стали 17Г1С-У не более 360 МПа, соответственно, класс прочности до K54, у стали X70 гарантированный предел текучести более 360 МПа, соответственно, класс прочности K60. Исследовали четыре варианта технологии сварки труб: ручная дуговая сварка; корень - ручная дуговая, заполняющие слои и облицовочный слой - автоматическая под флюсом; корень - механизированная в среде углекислого газа, заполняющие слои и облицовочный слой - механизированная самозащитной порошковой проволокой; корень - ручная дуговая, заполняющие слои и облицовочный слой - механизированная самозащитной порошковой проволокой. Диаметр свариваемых труб 1220 и 1420 мм. Толщина стенки свариваемых труб 11, 12.4, 15.7 и 18.7 мм.

Металлографические исследования проводили по программам ВидеоТест-Металл 1.0 и ВидеоТест-Размер5.0. Для рентгеноспектрального микрондогового анализа использовали электронный сканирующий микроскоп JSM-63090LV. Для рентгеноспектрального анализа использовали

электронный растровый микроскоп РЭМ-100У. Рентгенофазовый анализ проводили на дифрактометре рентгеновском типа ДРОН-2. Для термического анализа использовали установку термического анализа STA-409PC. Исследования по методу наноидентирования проводили на приборе NanoTest-600.

Анализ результатов исследований проводили с помощью стандартных прикладных программ Microsoft Excel, MahtCAD. Для решения численных задач применяли программный комплекс ANSYS. Механические испытания проводили согласно стандартных методик.

Проведенные исследования показали, что форма, количество, химический состав, физические и механические свойства и характер распределения неметаллических включений в сварных соединениях трубных сталей оказывает влияние на безопасную эксплуатацию магистральных трубопроводов. В первую очередь неметаллические включения оказывают влияние на усталостные свойства сварных соединений.

Оптимальной технологией для сварки корня шва является механизированная сварка проволокой в среде CO_2 . Для сварки заполняющих слоев и облицовочного слоя оптимальна механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой Иннершилд 207 или Иннершилд 208. Указанный вариант технологии позволяет получить сварной шов с минимальным количеством неметаллических включений.

При этом из общего количества включение при указанном варианте технологии частицы шлака составляют 0,003%, а большая часть включений образуется в металле шва из растворенных примесей.

Установлено что сульфиды кремния и марганца являются дополнительными концентраторами напряжений зарождения усталостных трещин сварных швов сталей 17Г1С-У и X70, выполняемых по разным технологиям. Сульфиды Si и Mn повышают скорость роста трещин сталей 17Г1С-У в сравнении со сварными швами стали X70, выполненными по одинаковой технологии.

При расчете циклической прочности следует учитывать неравномерное напряженно-деформированное состояние. Максимальные напряжения формируются на границе перехода основного металла - усиление корня шва, коэффициент концентрации напряжений здесь достигает 1,8 (в случае сварки корня шва механизированной сваркой в CO_2 и заполняющих слоев и облицовочного слоя самозащитной порошковой проволокой Иннершилд 207 или Иннершилд 208).

Целью работы [21] является обеспечение свойств металла околошовной зоны, таких как ударная вязкость при отрицательных температурах, сопротивление хрупкому разрушению, превышающих требования стандартов DNV и API за счет разработки оптимального микролегирования высокопрочных трубных сталей группы прочности X80.

В работе проводили исследования трубных сталей с низким содержанием углерода и тремя вариантами комплексного легирования: V, Mo, Nb; Nb, Ni; Nb, Cr. Плавка данных сталей производилась в условиях вакуума индукционной печи. Получаемые слитки прокатывали и отправляли на исследования.

Оценивали механические свойства опытного проката и исследовали его свариваемость. Испытывали ударную вязкость согласно ГОСТ 9454–78. Диапазон температур испытаний составлял от плюс 20 до минус 60 °C. По результатам испытаний определяли верхний, средний и нижний порог хладостойкости металла околошовной зоны. Металлографические исследования микроструктуры выполняли с помощью микроскопа Axiovert 50MAT и прибора Jeol JSM–6610LV. Для исследования твердости применяли микротвердомер STRUERSE DURAMIN.

Результатам исследований выявлено содержание легирующих компонентов, обеспечивающее указанную величину вязкости:

- C–Mn–V–Mo–Nb–Ni обеспечивают половину при минус 23 °C;
- C–Mn–Nb–Ni обеспечивают половину при минус 36 °C;
- C–Mn–Nb–Cr обеспечивают половину при минус 45 °C.

По результатам исследований построены номограммы. Их можно применять при сварке с высокими значениями тепловложений (скорость охлаждения металла околошовной зоны после сварки $5^{\circ}\text{C}/\text{с}$). Показано, что пороговая температура минус 30°C достигается при содержании углерода $0,03\%$ С, ниобия не менее $0,12\%$;

Установлено, что добавки ниобия расширяют допустимые интервалы скоростей охлаждения сварных соединений в сторону более низких (до $2-3^{\circ}\text{C}/\text{с}$) температур. При этом уровень ударной вязкости металла околошовной зоны превышает $120 \text{ Дж}/\text{см}^2$.

1.6 Задачи работы

Цель бакалаврской работы – увеличение производительности труда и повышение качества при соединении сваркой труб магистральных газопроводов.

Выполненный анализ базовой технологии сварки труб магистральных газопроводов показал, что наиболее сложной и важной операцией при выполнении сборки газопроводов является сварка стыков. Причем, применяемая в ОАО «Гаспромтрансгаз Самара» технология сварки стыков по варианту выполнения всех слоев шва штучными электродами с основным покрытием, характеризуется низкой производительностью и качеством. Комплексный анализ вариантов нейтрализации недостатков по результатам последних научных исследований позволяет рекомендовать комбинированную технологию сварки стыков по варианту – корневой слой ручной дуговой сваркой штучными электродами с основным покрытием, заполнение разделки - механизированной сваркой самозащитной порошковой проволокой.

Исходя из изложенного, можно сформулировать следующие задачи бакалаврской работы:

- 1.разработать технологию комбинированной сварки стыков газопровода;

- 2.подобрать необходимое сварочное оборудование;
- 3.выявить вредные и опасные факторы при сварке стыков и разработать мероприятия по борьбе с ними;
- 4.выполнить расчет экономической эффективности разработанных технических мероприятий.

.

2 Разработка технологического процесса сварки стыков

2.1 Подготовительные работы

Перед началом работ по монтажу должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- очищен котлован или приямок от снега или воды;
- очищены наружные поверхности труб на расстояние 2 м от торца, и внутренние полости труб от таких загрязнений как грунт, снег, лёд, и пр.;
- произведен визуальный осмотр.

Общие требования к сварке стыков следующие. Сборку и сварку стыков необходимо производить в светлое время суток при температуре окружающего воздуха не ниже минус 40 °С.

Сварка стыков должна выполняться без перерывов. Оставлять сварные соединения стыков незаконченными не допускается.

Изменять положение собранных участков, зафиксированных к моменту завершения сборки при сварке стыка нельзя. Опускать приподнятый при монтаже участок трубопровода допускается только после выполнения сварки стыка.

Не разрешается сварка стыков из труб разной толщины.

При сварке труб в ОАО «Гаспромтрансгаз Самара» приходится выполнять все три варианта:

свободные, не засыпанные землей концы трубопровода и лежат в траншее или на бровке траншеи;

свободен один конец трубопровода, который может быть свободно перемещен, другой конец заземлен, засыпан землей, например;

заземлены оба конца трубопровода, соединены с патрубками запорной арматуры.

Поэтому рассмотрим особенности выполнения работ для каждого варианта.

При выполнении работ по варианту 1 подготовительно-сборочные

операции выполняются по такой последовательности:

- подготовка под сварку одного конца газопровода;
- вывешивание трубоукладчиками второй плети рядом с первой
- разметка обрезаемой трубы;
- обрезка трубы;
- выполнить фаски согласно ГОСТ;
- стыковка труб, регулировка зазора;
- прихватка;
- сварка стыка.

При врезке катушек, второй вариант, подготовку труб к сборке и сварке следует осуществлять согласно указанной далее последовательности:

- на торцах труб соединяемых плетей выполнить замер периметров, точность замера 1 мм. Основываясь на полученных результатах следует выбрать трубу таких же размеров и класса прочности;
- изготовить из выбранной стали катушку;
- установить опору, подняв трубоукладчиками не защемленную плеть, и пристыковать к трубопроводу катушку;
- выполнить предварительный подогрев;
- собрать стык с применением наружного центратора, при необходимости прихватить, фиксируя требуемый зазор;
- выполнить корневой слой шва. При сварке корневого слоя прихватки следует полностью удалить.

2.2 Сварка корневого слоя

Выполнить предварительный подогрев (в том случае, если это необходимо), сборку труб, установку зазора и выполнение прихваток согласно пункту 1.1. бакалаврской работы.

Сварка корневого слоя шва должна выполняться одновременно двумя сварщиками электродами типа Э - 50А или их аналогами на постоянном токе обратной полярности.

Место начала сварки пары сварщиков - 6 час. При этом один из сварщиков начинает процесс сварки с некоторой задержкой, после запила начала сварки его напарника. Режимы сварки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Режимы сварки корневого шва электродами с основным покрытием

Сварочные швы	Тип электрода	Диаметр, мм	Сварочный ток, А
Корневой	Э-50А	3,2	90-120
Подварочный	Э-50А	3,2 4,0	90-120 130-160

Во всех случаях направление сварки "снизу-вверх".

В случае локального сужения зазора при сварке корневого слоя шва менее 2мм стык на данном участке следует прорезать шлифкругом толщиной 2,5-3,0 мм, обеспечив после этого необходимую величину притупления.

Освобождать жимки наружного центратора после выполнения половины длины шва. Во избежание образования дефектов необходимо тщательно зачистить шлифовальным кругом корневой слой шва снаружи трубы.

Затем следует завершить сварку корневого слоя и выполнить сварку заполняющих и облицовочных слоев шва;

После выполнения сварки захлесточного стыка его следует накрыть термоизолирующим поясом до полного охлаждения.

2.3 Сварка облицовочного и заполняющих слоев

Сварку всех последующих слоев (заполняющих и облицовочных) выполняют минимум 2 сварщика-полуавтоматчика самозащитной порошковой проволокой Иннершилд.

Сварку самозащитной порошковой проволокой следует выполнять способом сверху – вниз. Ток постоянный, прямой полярности. На механизме подачи проволоки перед началом сварки устанавливают два параметра:

скорость подачи проволоки и напряжение на дуге.

Сварка стыка всегда должна начинаться при вылете проволоки в пределах 12-15 мм. Причем, срез проволоки должен слегка соприкоснуться с поверхностью трубы или быть немного поднят над поверхностью трубы. После того, как дуга загорится, вылет следует увеличить 20 мм. При сварке в потолочном положении необходимо увеличить вылет до 25-30 мм. При сварке на вылете проволоки меньшем рекомендуемого могут появиться такие дефекты, как пористость. При сварке на вылете проволоки большем рекомендуемого конец проволоки будет недостаточно разогреваться, и процесс сварки будет нестабильным.

В процессе сварки угол наклона горелки следует непрерывно изменять:

- в положении 12 часов величина угла должна составлять 20-30 градусов;
- при сварке в направлении от 12ти часов до 3х часов угол наклона горелки следует постепенно увеличивать до 45-50 градусов;
- при сварке в направлении от 3 часов до 5 часов угол наклона горелки следует постепенно уменьшать и доводить до 0 градусов (перпендикулярно телу трубы);
- при сварке в направлении от 5 часов до 6 часов наклон горелки следует менять на противоположный и постепенно доводить до 10-15 градусов, «углом вперед».

Изменяя угол наклона можно контролировать степень проплавления. Уменьшая угол можно увеличивать степень проплавления, увеличивая угол можно степень проплавления уменьшать.

Для сварки самозащитной порошковой проволокой характерной особенностью является необходимость выполнения перед облицовочным слоем шва дополнительного корректирующего слоя (одного или двух) в положении приблизительно 1^{00} - 5^{00} (2^{00} - 4^{00}). Корректирующий слой обеспечивает равномерное распределение металла по глубине разделки.

Заполняющие слои и облицовочный слой следует выполнять по принципу «слой за проход».

Режимы сварки порошковой проволокой типа Иннершилд фирмы линкольн электрик заполняющего, корректирующего и облицовочного слоев приведены в таблице 2.2, знаком * помечены рекомендуемые по результатам исследований.

Таблица 2.2 - Режимы при сварке труб порошковой проволокой NR-207, NR-208S

Наименование слоя	Марка проволоки					
	NR-207, NR-208S Диаметром 1,72 мм			NR-208S диаметром 1,98 мм		
	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение на дуге, В	Сварочный ток, А
Заполняющий	90	18	230	90	19	235
	100*	19*	240	100*	20*	245
	110*	20*	250	110*	21*	265
	120	21	260	120*	22*	290
				130	23	310
Корректирующий	80*	18*	225	80*	19*	230
	90*	19*	245	90*	20*	240
Облицовочный	80*	17*	225	80*	18*	225
	90*	18*	235	90*	19*	235
	100	19	245	100	20	245

При сварке в потолочном положении требуется некоторое уменьшение скорости подачи проволоки. Это достигается, не останавливая процесс сварки, путем переключения в положение «2» переключателя, на рукоятке горелки. При этом происходит автоматическое уменьшение скорости подачи проволоки на 15-20%. Скорость сварки необходимо регулировать так, чтобы была выдержана соответствующая форма слоя. Низкая скорость может быть причиной повышенного разбрызгивания сварочной ванны, появления пористости и шлаковых включений. Высокая скорость сварки может быть причиной несплавления кромок и неблагоприятной формы шва. Рекомендуется скорость сварки - 14...20 м/ч.

При рестарте, возобновлении процесса сварки в случае обрыва дуги, сварку начинать после очистки от шлака кратера в верхней его части. Кратер заполнять малыми колебаниями проволоки и после заполнения кратера продолжить сварку с требуемой скоростью.

После завершения сварки заполняющего слоя следует тщательно зачистить поверхность металлической дисковой щеткой. Допустимо использовать дисковую металлическую щетку, поскольку сварка порошковой проволокой характеризуется большим проплавлением шва и более энергичным удалением шлаковых включений, чем сварка штучными электродами.

В нижнем и потолочном положении разделку рекомендуется недозаполнить на 1-2 мм. Для этого последний заполняющий слой можно не выполнять по всему периметру стыка, а только в положении 1-5 час. Возможен вариант выполнения в центре разделки дополнительного (корректирующего) слоя в положении 1-5 час (примерно). Дополнительный слой заполняет разделку в вертикальном положении до состояния почти "заподлицо". Если в вертикальном положении полностью заполнить разделку не удалось, на небольшом участке (примерно в положении 2^{30} - 3^{30}) следует выполнить второй корректирующий слой.

Каждый выполненный слой следует зачищать от брызг и шлака. При сварке заполняющих слоев зачищать шлифовальным кругом следует начало и конец сварки слоя и замки.

Последним выполняется облицовочный слой, он должен быть выполнен с перекрытием основного металла на величину 2,5-3,5 мм без подрезов и непроваров по кромкам. Облицовочный слой и прилегающая к нему поверхность трубы необходимо обработать дисковой проволочной щеткой чтобы очистить поверхность трубы от шлака и брызг.

Общее число слоев шва для проволоки диаметром 1,72 мм, приведено в таблице 2.3, для проволоки диаметром 1,98 мм - в таблице 2.4.

Таблица 2.3 - Количество слоев шва при сварке проволокой NR- 207 и NR - 208S, диаметром 1,72 мм

Толщина стенки, мм	Наименование слоя		
	Заполняющие	Корректирующий	облицовочный
6	-	1	1
8	1	1	1
10	1-2	1	1
12	2-3	1	1
14	3-4	1	1

Таблица 2.4 - Количество слоев шва при сварке проволокой NR - 208S, диаметром 1,98 мм

Толщина стенки, мм	Наименование слоя		
	Заполняющие слои (проходы)	Корректирующий слой	Облицовочные проходы
14	3-4	1	1-2
16	3(5)	1	2-3
18	4(7)	1	3
20	5(9)	1	3

Общее число заполняющих слоев находится в зависимости от величины угла разделки кромок, величины зазора при сборке, и некоторых других параметров.

При сварке заполняющих слоев необходимо контролировать межслойную температуру. Оптимальная ее величина - 120...150 °С. Она не должна опускаться ниже +50°С и повышаться свыше 200 °С. При остывании стыка ниже +50°С (особенно это актуально в зимнее время) следует выполнить сопутствующий подогрев до температуры 100°С. Сопутствующий подогрев можно выполнять однопламенной газовой горелкой.

Если в работе требуется непродолжительный перерыв, следует накрыть стык термоизолирующим поясом. При возобновлении сварки следует

измерить температуру стыка и если он охладился ниже +50 °С необходим подогрев стыка до температуры 100°С.

Недопустимо оставлять стык незаконченным при толщинах стенки трубы менее 10 мм. Сварные соединения при толщинах стенки трубы более 10 мм можно оставить незаконченными, если сварной шов выполнен не менее 2/3 толщины стенки трубы. При этом, перерыв в сварке не должен превышать 24 часа. Кроме того, сразу после завершения сварки неоконченный стык труб необходимо накрыть водонепроницаемым термоизолирующим поясом, с целью его медленного и равномерного остывания.

Каждый стык должен иметь клеймо, в верхней полуокружности трубы слева по ходу газа на расстоянии 100-150 мм от стыка. Маркировка сварочной дугой запрещена.

Ремонт стыков, выполненных по комбинированной технологии «ручная дуговая сварка + полуавтоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой», может быть выполнен только электродами с основным видом покрытия.

Перед сваркой порошковой проволокой первого слоя шва следует выполнить механическую обработку до чистого металла.

По причине неравномерного заполнения разделки по периметру стыка труб и ослаблением сечения шва в вертикальном положении перед выполнением облицовочного слоя в положении 1.00 – 4.30 час следует выполнить дополнительный (корректирующий) слой.

3. Подбор оборудования для комбинированной сварки

Для выполнения технологического процесса сварки порошковой проволокой стыков магистральных газопроводов необходимо выбрать оборудование.

Требования к источнику питания при сварке самозащитной порошковой проволокой можно сформулировать следующие:

- жесткая характеристика дуги;
- постоянство напряжения на дуге;
- обеспечивать сварку при низких напряжениях (17-19 В) и колебаниях напряжения $\pm 0,5$ В;
- обеспечивать рабочие токи до 300 А;
- иметь разъемы для устройств подачи проволоки.

Анализ технических характеристик получивших наибольшее распространение отечественных полуавтоматов показывает, что некоторые не устраивают нас в связи с тем, что не тот диаметр проволоки, меньший.

Неплохие характеристики у подающих механизмов ПДШМ-500 и ПДШР-500. Солидная длина шланга обеспечивает сварщику хорошую маневренность. Питание осуществляется от сварочных преобразователей, что в полевых условиях является важным. Кроме того, здесь используется подающий механизм малой массы. Также хорошие характеристики у ПДПГ-500.

По результатам анализа зарубежных источников питания можем предварительно остановить выбор на следующих, которые рекомендованы фирмой изготовителем сварочной проволоки. Иннершилд.

Это:

- агрегаты сварочные SA-250/350SA
- агрегат сварочный SAE-400 с CV адаптером
- агрегат варочный Commander-400
- агрегат сварочный универсальный SAM-400;

- агрегаты сварочные типа Classic
- тиристорный выпрямитель универсальный Idealarc DC-400
- тиристорный выпрямитель Idealarc CV-400
- тиристорный выпрямитель универсальный Idealarc DC-600
- источник питания инверторного типа Invertec V300-I

Анализ приведенных источников позволяет остановить свой выбор на зарубежных источниках, причем, наиболее подходящими, по результатам анализа, признаны следующие :

Тиристорный выпрямитель Idealarc DC-400, инверторный источник Invertec V300-I, сварочные агрегаты Commander-400, SAM-400, SAE-400, Classic.

Из указанного оборудования комплектуем следующий комплекс:

Источник питания - Commander-400, SAM-400, SAE-400, Classic.

Механизм подачи проволоки по рекомендациям фирмы изготовителя проволоки и основываясь на практическом опыте выбираем LN-23P.

Он обладает следующими характеристиками:

- диаметр присадки (проволока) – 1,73; 1,83; 1,98 мм;
- подача присадки (проволоки) – 75...425 см/мин;
- длина силового и управляющего кабеля 15 м;
- вес аппарата 23 кг;
- коэффициент наплавки порядка 1,8-4,0 кг/час.

Механизм подачи проволоки LN-23P комплектуется производителем барабаном для установки катушки с проволокой, горелками K345-10 или K355-10, блоком управления. Управлять параметрами сварки можно двумя регуляторами – скорости подачи проволоки и напряжения на дуге.

Электронные платы механизма подачи LN-23P залиты герметизирующим составом. Это обеспечивает возможность использования оборудования в полевых условиях, при попадании пыли и грязи.

Соединять источник питания и механизм подачи только через адаптер, предназначенный для соединения цепей механизма подачи и источника питания. Адаптер обеспечивает питание от одного источника 2х механизмов

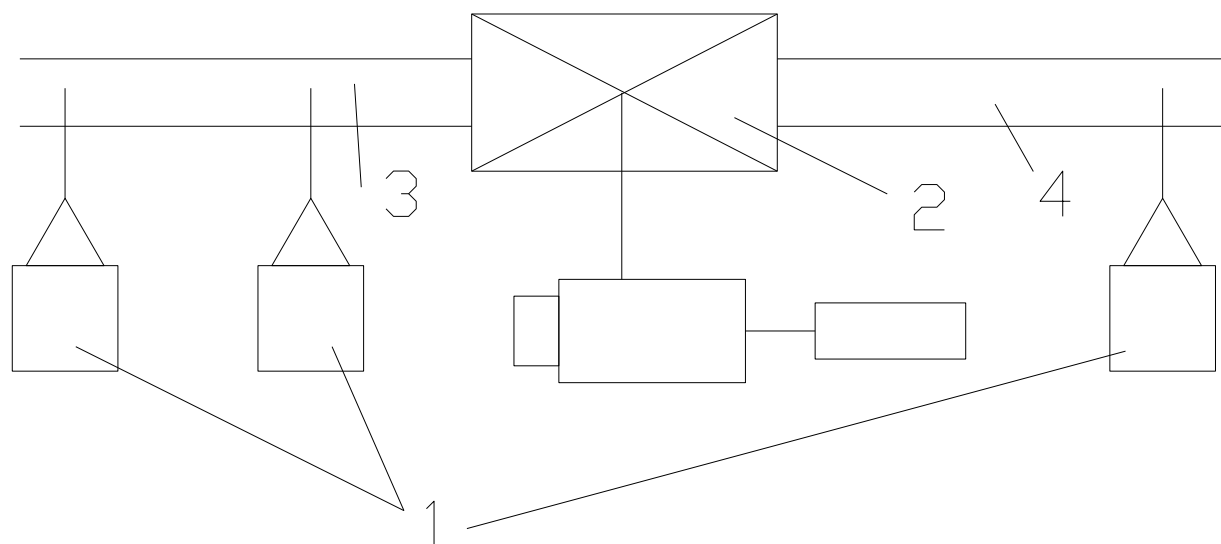
подачи, но их работа возможна последовательном режиме. Для механизма подачи LN-23P подойдут адаптеры: K350 или K350-1.

Длина шланга от полуавтомата до горелки составляет 3 м.

4. Безопасность и экологичность.

4.1 Характеристика участка сварки.

Условно, схема участка сварки стыков газопровода в условиях трассы показана на рис. 4.1.



1 трубоукладчики; 2 пост сварки; 3 готовый участок; 4 привариваемая труба

Рисунок 4.1 - Схема участка сварки стыков газопровода

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Центратор типа ЦН	Сжатый воздух
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Подогреватель стыков индукционный	-
4. Осуществление сварки стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат	Проволока самозащитная, электроды LB-62

Продолжение таблицы 4.1.			
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновский Арина 7	Плётка типа РП

4.2 Опасные факторы участка сварки.

Таблица 4.2 – Профессиональные риски, сопровождающие реализацию проектной технологии.

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1. Подготовительная операция	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Станок для проведения подготовки кромок, шлифмашинка
2. Сборочная операция	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наружный трубный центратор
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Индукционный трубный подогреватель

Продолжение таблицы 4.2.		
4. Осуществление сварки стыка труб	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне; - повышенное значение уровня ультрафиолетовой радиации в рабочей зоне.	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат
5. Проведение зачистки сварного шва	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Шлифмашинка, молоток, зубило
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	Аппарат рентгеновского контроля

4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 4.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Первичный инструктаж по технике безопасности, периодический инструктаж по вопросам техники безопасности,	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение уровня ультразвуковых волн в рабочей зоне;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение уровня ионизирующего излучения в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	Спецодежда, перчатки

4.4 Пожарная и техногенная безопасность рассматриваемого технического объекта.

На участке сварки труб не исключено возгорание и перерастание его в пожар. Основные классы пожара на участке и сопутствующие пожару

опасные факторы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка стыков трубопровода	Установка для индукционного нагрева, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих ток частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.5 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сварка	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технического объекта

Таблица 4.6 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологии	Составляющие технического объекта	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Сварка	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околосшовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом

Таблица 4.7 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование мероприятий	Сварка
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на атмосферу	Следует предусмотреть установку фильтров в систему вентиляции, обеспечивающих улавливание частиц сажи
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

5 Экономическая эффективность проекта

Цель бакалаврской работы – увеличение производительности труда и повышение качества при соединении сваркой стыков труб магистральных газопроводов.

При выполнении базовой технологии сварки стыков газопровода в ОАО «Газпромтрансгаз Самара» предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В разработанном варианте технологии предложено заменить ручную дуговую сварку на полуавтоматическую сварку самозащитной порошковой проволокой.

Применение предложенного технологического решения позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

Экономические расчеты будем производить на один сварной стык газопровода с учётом операций технологии сварки, которые изменяются по сравнению с базовым вариантом технологии. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – заготовительная; вторая операция – сборочная; третья операция – предварительный нагрев; четвёртая операция – сварочная; пятая операция – термообработка; шестая операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим на один сварной стык.

5.1 Исходные данные для расчетов

Исходные данные необходимые для проведения экономического расчета.

Таблица 5.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Значение	
				Баз. вар.	Пр. вар.
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая	Нпр	шт	3000	3000
Величина часовой тарифной ставки					
2	Сварщика	Счс	Р/час	72,16	58,24
3	Бульдозериста	Счб	Р/час	58,24	58,24
4	Машиниста трубоукладчика	Счм	р/час	86,32	86,32
5	Дизелиста	Счд	р/час	58,24	58,24
6	Монтажника	Смнт	р/час	58,24	58,24
7	Стропальщика	Счс	р/час	41,68	41,68
8	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп.	%	12	12
9	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд.		1,81	1,81
10	Норма амортизации оборудования: сварочного приспособления инструмента	На	%	18 12 15	18 12 15
11	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Нсоц	%	36	36
12	Значения коэффициента транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	-	5	5
13	Цена оборудования	Цоб	Руб.	98000	3412000
20	Потребляемая мощность	Муст	кВт	3	7,4

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6
21	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт. Кдем.	%	2	2
22	Стоимость расходуемой на реализацию технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	2,50	2,50
23	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
24	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,75	0,8
25	Значение коэффициента расхода сварочных материалов	Кр	-	1,7	1,15
26	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
27	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	2,15	2,15
28	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	2,5	2,5
29	Стоимость вспомогательных материалов: электроды; проволока электродная	Цм	Руб/кг	120 -	- 160

5.2 Определение норм времени на сварку стыка и фонда времени работы оборудования

Нормы времени будем определять согласно изменяющихся операций технологического процесса базового и проектного варианта.

Время штучное

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{п-з}} \quad (5.1)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{маш}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{всп}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{маш}$.

Для базового и проектного варианта длины сварных швов стыков трубопровода совпадают и составляют $L_{шва} = 3202$ мм (для трубы диаметром 1020 мм). Для определения норм машинного времени воспользуемся картами технологического процесса.

$$t_{машб} = 0,4 \text{ час}$$

$$t_{машпр} = 0,25 \text{ час}.$$

Определенное по формуле (5.1) штучное время (в часах) фиксируем в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Определенные нормы штучного времени

Варианты	$t_{маш}$	$t_{всп}$ 10%	$t_{обсл}$ 8%	$t_{отл}$ 5%	$t_{п-з}$ 1%	$t_{шт}$
Базовый	0,4	0,06	0,04	0,02	0,004	0,524
Проектный	0,25	0,0375	0,025	0,0125	0,0025	0,3275

5.3 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам

Расчётное определение величины капитальных затрат, сопровождающих реализацию технологии производим с использованием следующей зависимости

$$K_{общ} = K_{пр} + K_{соп} \quad (5.2)$$

где: $K_{пр}$ – значение прямых капитальных вложений, руб.;

K_{con} – значение сопутствующих капитальных вложения, руб.

Определим прямые капитальные вложения для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_{np} = \sum C_{об} * k_3 \quad (5.3)$$

где $\sum C_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

k_3 – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{np} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60} \quad (5.4)$$

где: N_{np} – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб, мин.;

$\Phi_{эф}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, час.

Коэффициент загрузки оборудования:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.5)$$

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование рассчитываем с использованием формулы:

$$\Phi_{эф} = (D_K - D_{вых} - D_{np}) * T_{см} * S * (1 - k_{p.n}) \quad (5.6)$$

где: D_K – общее количество календарных дней в году;

$D_{вых}$ – общее количество выходных дней в году;

D_{np} – общее количество праздничных дней в году;

$T_{см}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – общее количество смен;

$k_{p.n}$ – плановые потери рабочего времени (0,06).

$$\Phi_{\text{эф.}} = (365 - 110 - 14) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{\text{об.расчетн.б}} = \frac{3000 \cdot 31,44}{1812 \cdot 60} = 0,86 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетн.пр}} = \frac{3000 \cdot 19,65}{1812 \cdot 60} = 0,54 \text{ шт}$$

На основании проведённых расчётов принимаем одну единицу оборудования для реализации базового технологического процесса и одну единицу оборудования для реализации проектного технологического процесса.

$$k_{\text{зб}} = \frac{0,86}{1} = 0,86$$

$$k_{\text{зпр}} = \frac{0,54}{1} = 0,54$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{б}} = 98000 \cdot 0,86 = 84280 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{пр}}^{\text{пр}} = 341200 \cdot 0,54 = 184248 \text{ руб.}$$

Величина сопутствующих капитальных вложений рассчитывается только для проектного варианта по зависимости:

$$K_{\text{сop}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.7)$$

$K_{\text{монт}}$ – значение затрат требуемых для монтажа нового оборудования;

$K_{\text{дем}}$ – значение затрат требуемых для демонтажа старого оборудования;

$K_{\text{площ}}$ – значение затрат требуемых для дополнительных производственных площадей под установку нового оборудования.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.8)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования, $k_{\text{монт}} = 0,2$.

$$K_{\text{монт}} = 341200 \cdot 0,2 = 68240 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (5.9)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж, $k_{\text{дем}} = 0,2$.

$$K_{\text{дем}} = 98000 \cdot 0,2 = 19600 \text{ руб.}$$

Принятая величина капитальных вложений в площади:

$$K_{\text{плоч}} = S_{\text{плоч}} \cdot \Pi_{\text{плоч}} \cdot g \cdot k_z \quad (5.10)$$

где: g – принятое значение коэффициента, учитывающего проходы и проезды, $g = 3$.

$$K_{\text{плоч}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 342 \text{ руб}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 84280 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{пр}} = 184248 + 68240 + 19600 + 324 = 272088 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.11)$$

Подставив в (5.11) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 84280 / 3000 = 28,09 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{пр}} = 272088 / 3000 = 90,69 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет технологической себестоимости базового и проектного вариантов технологии.

Затраты на материалы, используемые при реализации базового и проектного вариантов технологии, определяем с использованием формулы:

$$ЗМ = \Pi_{\text{м}} \cdot N_{\text{р}} \cdot K_{\text{т-з}}, \quad (5.12)$$

где Π_m – стоимость сварочных материалов;

$K_{т-з}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки стыков трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. Предложенный проектный вариант технологии предусматривает замену дуговой сварки штучными электродами на полуавтоматическую сварку самозащитной порошковой проволокой.

Определение расходов на материалы выполняем исходя из описания технологии сварки.

$$ЗМ_{баз.} = (335 \cdot 1,107 + 148,5) \cdot 1,05 = 486,64 \text{ рублей}$$

$$ЗМ_{проектн.} = (477,88 \cdot 1,4 + 60,0 \cdot 11,67) \cdot 1,05 = 583,52 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости

$$З_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{об}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (5,16)$$

где $P_{об}$ – принятое значение мощности сварочной установки, кВт;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии, руб/кВт·час;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Значение мощности сварочной установки определим согласно режимов сварки: произведение силы тока на напряжение.

$$P_{об}^б = 170 \cdot 30 = 5100 \text{ Вт} = 5,1 \text{ кВт}$$

$$З_{э-э}^б = \frac{5,1 \cdot 0,4}{0,7} 2,2 = 6,41 \text{ руб.}$$

$$P_{об}^б = 300 \cdot 30 = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

$$З_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{9 \cdot 0,25}{0,75} 2,2 = 6,6 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования производим с использованием зависимости:

$$З_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (5.18)$$

где $A_{\text{об}}$ – принятая величина амортизации оборудования, руб.;

$P_{\text{т.р}}$ – принятая величина расходов на текущий ремонт оборудования, руб.;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об.}} = \frac{Ц_{\text{об}} * Н_{\text{об}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60 * 100} \quad (5.19)$$

где $Ц_{\text{об}}$ – принятое значение стоимости оборудования, руб.;

$Н_{\text{об}}$ – принятое значение нормы амортизации оборудования, %;

Результаты расчетов по формуле 5.19 для каждого наименования оборудования отражаем в таблице 5.3

Таблица 5.3 – Величина амортизации оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Ц _{об} , руб	Н _а , %	t _{шт} , час	Значение, руб	
					баз	пр
1	Полуавтомат сварочный линкольн электрик	341200	18	0,3275	-	130,93
2	Источник питания	86000	18	0,524	44,47	-
3	Наружный центратор	28000	12	0,524 0,3275	0,49 -	- 0,24
4	Шлифовальная машинка МШУ-1-6-230	4500	15	0,524 0,3275	0,09 -	- 0,04
5	Трубоукладчики	1700000	12	0,524 0,3275	29,92 -	- 14,832
Итого					84,97	146,04

Расчётное определение затрат на текущий ремонт оборудования:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.20)$$

где $H_{т.р}$ – принятое значение нормы отчислений на текущий ремонт производственного оборудования, $H_{т.р} \approx 35\%$;

$$P_{тр}^б = \frac{86000 * 35 * 0,86}{1812 * 100} = 64,28 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{пр} = \frac{341200 * 35 * 0,54}{1812 * 100} = 264,49 \text{ руб.}$$

Подставляем полученные значения в 5.18 и получаем суммарное значение расходов на производственное оборудование

$$З_{об}^б = 84,97 + 64,28 = 143,94 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{пр} = 146,04 + 264,49 = 410,53 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$З_{плоч} = \frac{Ц_{плоч} \cdot S_{плоч} \cdot Ha_{плоч} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (5.21)$$

где: $Ц_{плоч}$ – цена 1 м^2 производственной площади, руб.;

$Ha_{плоч}$ – принятое значение нормы амортизации площади, %;

$S_{плоч}$ – площадь, занимаемая производственным оборудованием, м^2 ;

$$З_{плоч}^б = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,524}{1812 \cdot 100} = 0,13 \text{ руб.}$$

$$З_{плоч}^{пр} = \frac{3000 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 0,3275}{1812 \cdot 100} = 0,11 \text{ руб.}$$

Расходы на заработную плату основных рабочих с отчислениями на социальные нужды.

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (5.22)$$

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$ЗП_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.23)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятое значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – норма штучного времени, час;

$k_{\text{зпл}}$ – значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{пф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (5.24)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент, учитывающий затраты на премирование;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий выполнение норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент, учитывающий доплату за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057$ – коэффициент, учитывающий доплату за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133$ – коэффициент, учитывающий доплату за работу в вечерние часы и ночные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,057 \cdot 1,133 = 1,81$$

Результаты расчета заработной платы рабочих по формуле 5.23 отразим в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Размер заработной платы рабочих

Профессия	$C_{\text{ч}}$	п	$t_{\text{шт}}$		$k_{\text{зпл}}$	Размер заработной платы	
			Базов.	Проект		Базов.	Проект
Сварщик	72,16/58,24	4	0,524	0,3275	1,81	284,34	138,30
Бульдозерист	58,24	1	0,524	0,3275	1,81	57,37	35,85
Машинист трубоукл.	86,32	3	0,524	0,3275	1,81	135,70	84,81
Дизелист	58,24	1	0,524	0,3275	1,81	57,37	35,85
Монтажник	58,24	2	0,524	0,3275	1,81	114,74	71,71
Стропальщик	41,68	1	0,524	0,3275	1,81	41,06	25,66
Сумма:						690,58	392,18

$$ЗПЛ_{ОСН}^Б = 690,58 \text{ рублей}$$

$$ЗПЛ_{ОСН}^{ПР} = 392,18 \text{ рублей}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (5.25)$$

где k_d – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату, 10%.

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 690,58 \cdot 10 / 100 = 69,06 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 392,18 \cdot 10 / 100 = 39,22 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_Б = 690,58 + 69,06 = 759,64 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{ПР} = 392,18 + 39,22 = 431,40 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$О_{сн} = \Phi ЗП \cdot Н_{соц} / 100 \quad (5.26)$$

где $Н_{соц}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.26) необходимые значения, получим:

$$О_{сн}^Б = 759,64 \cdot 30 / 100 = 227,89 \text{ руб.}$$

$$О_{сн}^{ПР} = 431,40 \cdot 30 / 100 = 129,42 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$С_{ТЕХ} = 3М + 3_{Э-Э} + 3_{ОБ} + 3_{ПЛ} + \Phi ЗП + О_{сн} \quad (5.27)$$

$$С_{ТЕХ}^Б = 486,64 + 6,41 + 143,94 + 0,13 + 759,64 + 227,89 = 1694,65 \text{ руб.}$$

$$С_{ТЕХ}^{ПР} = 583,52 + 6,6 + 410,53 + 0,11 + 431,40 + 129,2 = 1561,58 \text{ руб.}$$

5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (5.28)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}}$ - сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = k_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.29)$$

где $k_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы, 2,5;

Подставив в (5.29) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 1694,65 + 690,58 \cdot 2,5 = 1694,65 + 1726,45 = 3421,1 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 1561,58 + 392,18 \cdot 2,5 = 1561,58 + 980,45 = 2542,03 \text{ руб.}$$

5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.30)$$

где $P_{\text{ЗАВ}}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент учитывающий общезаводские расходы, 1,8

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 3421,1 + 690,58 \cdot 1,8 = 3421,1 + 1243,04 = 4664,14 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 2542,03 + 392,18 \cdot 1,8 = 2542,03 + 705,92 = 3247,95 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Результаты расчета себестоимости сведем в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	Показатели	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
			базовый	проектн
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	486,64	583,52
2	Фонд заработной платы	ФЗП	759,64	431,40
3	Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	227,89	129,42

Продолжение таблицы 5.5.				
4	Затраты на оборудование	Зоб	143,94	410,53
5	Расходы на площади	Зпл	0,13	0,11
6	Затраты на электроэнергию	Зэ – э	6,41	6,6
	Себестоимость технологическая	$C_{\text{ТЕХ}}$	1694,65	1561,58
7	Расходы цеховые		1726,45	980,45
	Себестоимость цеховая	$C_{\text{ЦЕХ}}$	3421,1	2542,03
8	Расходы заводские		1243,04	705,92
	Себестоимость заводская	$C_{\text{ЗАВ}}$	4664,14	3247,95

5.7 Показатели экономической эффективности проекта

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Pr_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (5.31)$$

Подставив в (5.31) необходимые значения, получим:

$$Э_{у.г} = (4664,14 - 3247,95) \cdot 3000 = 4248570 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$Э_{г} = [(C_{зав}^б + E_{н} \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_{н} \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (5.32)$$

$$Э_{г} = [(4664,14 + 0,33 \cdot 28,09) - (3247,95 + 0,33 \cdot 90,69)] \cdot 3000 = 3435782,7 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штб} - t_{штпр}}{t_{штб}} \cdot 100\% \quad (5.33)$$

Подставив в (5.33) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,524 - 0,327}{0,524} \cdot 100\% = 37\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.34)$$

Подставив в (5.34) необходимые значения, получим:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 37}{100 - 37} = 59\%$$

Величину показателя снижения заводской себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{C_{\text{зав}}^{\text{БАЗ}} - C_{\text{зав}}^{\text{ПП}}}{C_{\text{зав}}^{\text{БАЗ}}} \cdot 100\% \quad (5.35)$$

Подставив в (5.35) необходимые значения, получим:

$$\Delta C_{\text{зав}} = \frac{4664,14 - 3247,85}{4664,14} \cdot 100\% = 30\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общпр}}}{\mathcal{E}_{\text{уг}}} \quad (5.36)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{2544804}{4248570} \approx 0,5 \text{ года}$$

Сравнительная экономическая эффективность

$$E_{\text{ср}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad (5.37)$$

Выводы по экономическому разделу

В разделе Оценка экономической эффективности бакалаврской работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, базового и проектного вариантов, как себестоимость сварки технологическая и заводская.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 40 %, увеличение производительности труда на 66,7 %, что уменьшило

технологическую себестоимость на 38,9%. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 811698 рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 790903 рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 63013 рублей будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки стыков трубопровода обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ технологий строительства и ремонта в ОАО «Газпромтрансгаз Самара» газопроводов показал, что наибольшей трудоемкостью обладают этапы монтажа и сварки стыков трубопроводов. Отчасти это обусловлено и тем, что при сварке стыков трубопроводов применяют ручную дуговую сварку штучными электродами.

Сопоставление достоинств и недостатков способов сварки, которые можно применить при сварке стыков в полевых условиях позволяет остановить выбор на комбинированном методе – корень штучными электродами, заполнение разделки порошковой проволокой.

Разработан технологический процесс механизированной сварки стыков газопровода самозащитной порошковой проволокой.

Применение данного способа позволяет увеличить производительность труда, повысить качество шва и его механические свойства.

Ожидаемый годовой экономический эффект составит 790903 руб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с..
3. Гитлевич А.Д., Этитов А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитов. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
4. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
5. Справочник конструктора и технолога / сост. В. М. Михин, Б. Е. Кобызов, В. В. Михайленко. - Королев : ЦНИИМАШ, 2000. - 582 с.
6. Зорин Н. Е. Материаловедение сварки. Сварка плавлением [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. Е. Зорин, Е. Е. Зорин. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 164 с.
7. Золотоносов Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.
8. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
9. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
10. Акшенцева А. П. Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов : (с атласом микроструктур) : справочник / А. П. Акшенцева. - Москва : СП Интермет Инжиниринг, 1999. - 204 с.

11. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
12. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования/ В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
13. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
14. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
15. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств колошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности Х70-Х80. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Москва: 2011. – 27 с.
16. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
17. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
18. Выбойщик Л. М., Лучкин Р. С., Платонов С. Ю. Структурный фактор коррозионно-механической прочности сварных соединений нефтепромысловых труб // Сварочное производство. - №6 - 2008, с 12-17.
19. Масленников А.В. Разработка технологического процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов на основе оптимизации параметров режима : диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Масленников Александр Васильевич; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008.
20. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. — Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к

термодеформационному старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 10-12.

21. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.
22. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности X70–X80: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016.