

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология и оборудование для ремонта магистрального газопровода

Студент

Р.В. Сачков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2022

Аннотация

Независимо от внешних и внутренних экономических и политических факторов необходимо обеспечивать работоспособность магистральных трубопроводов Российской Федерации. От бесперебойной поставки энергоресурсов зависит экономика нашей страны и работа других предприятий.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества при ремонте магистрального газопровода диаметром 720 мм.

Достижение поставленной цели осуществлялось путём решения следующих задач:

- выполнить обоснованный выбор способа сварки с учётом результата анализа альтернативных способов сварки магистрального газопровода;
- назначить оптимальные параметры режима сварки при выполнении проектного технологического процесса сварки магистрального газопровода, выбрать сварочное оборудование и сварочные материалы;
- сформулировать требования к выполнению операций технологического процесса сварки магистрального газопровода.

При анализе проектной технологии сварки была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций технологического процесса. Для этих факторов были предложены методики и средства, которые приводят к устранению влияния описанного опасного фактора.

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность внедрения выпускной квалификационной работы в производство. При Внедрении проектной технологии сварки ожидается экономический эффект до 0,95 млн. рублей в год.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтных технологий на магистральных газопроводах.	7
1.1 Сведения о магистральном газопроводе.	7
1.2 Сведения о материале газопровода	8
1.3 Описание операций базового технологического процесса ремонтной сварки магистрального газопровода.	10
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	17
2 Составление проектной технологии ремонтной сварки магистрального газопровода.	19
2.1 Обоснование выбора способа сварки	19
2.2 Подготовка кромок труб и сборка стыка	27
2.3 Предварительный подогрев	28
2.4 Сварка стыка	30
3 Безопасность и экологичность технического объекта.	36
3.1 Технологическая характеристика объекта	36
3.2 Идентификация профессиональных рисков	37
3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков.	39
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	41
3.5 Обеспечение экологической безопасности производства	43
4 Экономическое обоснование предлагаемых решений.	46
4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов.	46
4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования.	48
4.3 Расчет штучного времени	49
4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии.	50
4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям.	55

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности.	57
Заключение	60
Список используемой литературы и используемых источников.	62

Введение

Работоспособность магистральных трубопроводов Российской Федерации должна сохраняться в кризис и пандемию, так как от бесперебойной поставки энергоресурсов зависит экономика нашей страны и работа других предприятий.

Ошибки эксплуатации такого сложного и металлоёмкого сооружения, как магистральный газопровод, могут привести к значительным экологическим последствиям. Безаварийная эксплуатация магистральных газопроводов обеспечивается своевременностью и правильностью выполнения профилактических работ и ремонта.

В первую очередь, на безопасность эксплуатации магистрального газопровода оказывает влияние условия эксплуатации и квалификация обслуживающего персонала [4]. В настоящее время самым экологически чистым и экономически эффективным энергоносителем является природный газ, который поставляется по магистральным трубопроводам для удовлетворения нужд промышленности и домохозяйств. Сжигание природного газа в тепловых установках позволяет применять высокоэффективные тепловые агрегаты, которые удовлетворяют самым строгим экологическим требованиям.

Эффективность методик диагностики состояния и технологий ремонта магистральных трубопроводов определяют их дальнейший ресурс и безопасность эксплуатации. В настоящее время значительная часть трубопроводного транспорта Российской Федерации достигла критического возраста, когда для дальнейшей эксплуатации необходимо проводить капитальные ремонты. Как показывает статистика, составленная по опыту продолжительной эксплуатации магистральных трубопроводов, возраст трубопровода имеет решающее значение при прогнозировании аварийности.

В результате циклических нагрузок в трубопроводах возникают и развиваются различные повреждения. Очагами таких повреждений могут

быть допущенные дефекты при строительстве трубопровода. Также дефекты в процессе эксплуатации трубопроводов возникают по причине коррозионных повреждений.

Исходя из этого следует отметить актуальность диагностики и своевременного ремонта трубопроводов для отработки заложенного в них ресурса.

Как показывает статистика по дефектам на магистральных трубопроводах, около 30 % аварий приходится на трубопроводы возрастом 30 лет (это те трубопроводы, которые были построены в 90-е годы). Возникновение аварий происходит по причине наличия в таких трубопроводах множественных дефектов, образование которых допущено по причине нарушений технологического процесса, а также недоработки проектной и исполнительной документации. Риски, задиры накладки и вмятины являются концентраторами напряжений, по причине наличия которых возникает порядка 7 % всех аварий на магистральных трубопроводах. По причине дефектов в сварном шве возникает 1,5...2 % аварий на магистральных трубопроводах.

При прокладке магистрального газопровода распространённым диаметром труб является 720 мм.

Сварка является основным технологическим процессом, который используется при строительстве и ремонте магистральных трубопроводов. Значительное распространение при выполнении ремонта получила ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Этот способ сварки обладает наибольшей мобильностью и универсальностью. Однако в настоящее время происходит вытеснение ручной дуговой сварки механизированными способами сварки, которые позволяют повысить производительность и качество работ.

На основании вышеизложенного цель квалификационной работы – повышение производительности и качества при ремонте магистрального газопровода диаметром 720 мм – следует признать актуальной.

1 Современное состояние ремонтных технологий на магистральных газопроводах

1.1 Сведения о магистральном газопроводе

Для обеспечения поставок природного газа в Ульяновскую область предусмотрено несколько газопроводов. В 1969 году был введен в эксплуатацию первый газопровод, который имеет условное наименование «Старая Бинарадка – Димитровград - Ульяновск». Второй газопровод введен в эксплуатацию в 1985 году и имеет условное наименование «Новоспасск - Ульяновск». Рост потребления природного газа лежит в основе развития Ульяновской области. Как показывают статистические данные по потреблению природного газа, оно каждый год возрастает приблизительно на 20 %. Прокладка второй ветки в направлении «Сызрань - Ульяновск» позволило обеспечить потребности региона в природном газе и поставить дополнительно 5,4 млрд. кубометров в год.

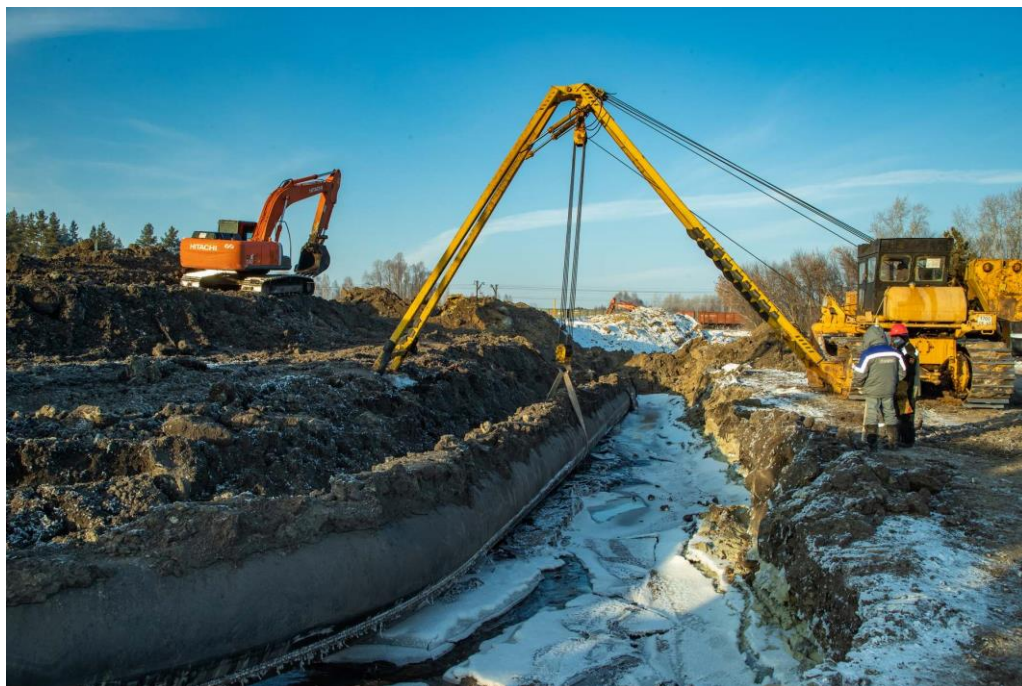


Рисунок 1 – Ремонтные работы на газопроводе «Старая Бинарадка – Димитровград - Ульяновск»

Рассматриваемый участок магистрального газопровода, на котором происходит капитальный ремонт, представлен на рисунке 1, он имеет протяжённость 152 км, диаметр труб составляет 720 мм.

Нормативная документация [16] предусматривает три метода проведения капитального ремонта магистральных газопроводов. При реализации первого метода предусматривается проведения ремонта с переизоляцией труб. При реализации второго метода предусматривается демонтаж всего протяжённого участка трубопровода и выполнение замены труб на новые. При реализации третьего метода выполняется выборочный ремонт, предусматривающий замену труб на отдельных коротких участках трубопровода.

Если проводится ремонта магистрального газопровода по второму методу, т.е. заменяется вся его линейная часть, то операции технологического процесса равносильны операциям технологического процесса при строительстве новых газопроводов.

Ремонт участков магистрального газопровода проходит в два этапа. Сначала параллельно старому трубопроводу прокладывают новый участок трубопровода. После этого осуществляют подключение к действующему газопроводу нового участка газопровода. После этого демонтируют старый участок газопровода, очищают трубы, выполняют их отбраковку, разрезку и складирование [10].

1.2 Сведения о материале газопровода

Для изготовления труб рассматриваемого магистрального газопровода применяется сталь 09Г2С. В таблице 1 приведены механические свойства стали 09Г2С. Продолжительная эксплуатация сварных конструкций из стали 09Г2С возможна при температурах от -70 до +425 °С. В качестве заменителей стали 09Г2С могут выступать 09Г2, 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Таблица 1 – Механические свойства стали 09Г2С в соответствии с ГОСТ 19282-73

σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %
460	300	31

Выполнение сварных конструкций из стали 09Г2С возможно без предварительного подогрева, поскольку сталь может быть сварена всеми способами сварки без ограничений. Однако при сварке ответственных конструкций из стали 09Г2С следует учитывать особенности по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей [20], в частности, реакцию стали на термический цикл при сварке, которая объясняется её химическим составом, который представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в стали 09Г2С

«С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As» [20]
0,12	0,5...0,8	1,3...1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,008

Сварку стали 09Г2С можно выполнять электродами, которые предназначены для сварки низколегированных и углеродистых сталей. Примером таких электродов являются электроды типа Э42А и Э50А. В процессе сварки стали 09Г2С в металле сварного шва могут образовываться закалочные структуры. Кроме феррита возможно образование остаточного аустенита, мартенсита и бейнита. Содержание этих структур в металле шва зависит от термического цикла, который определяется параметрами режима и техникой сварки. При уменьшении погонной энергии сварки наблюдается повышение количества и дисперсности остаточного аустенита, мартенсита и бейнита.

Влияние образующихся при сварке закалочных структур зависит от их распределения по объёму сварного шва. Если закалочные структуры равномерно распределены в ферритной основе и не имеют чёткой ориентации, то их влияние незначительно. Увеличение скорости охлаждения

сварного шва резко увеличивает количество закалочных структур, что приводит к разупрочнению, уменьшению пластичности и повышению опасности хрупкого разрушения.

Содержащиеся в стали химические элементы (кремний и марганец) повышают количество образующихся при сварке закалочных структур. С учётом этих особенностей при сварке стали 09Г2С следует назначать параметры режима, которые обеспечивают меньшую погонную энергию, чем при сварке низкоуглеродистых сталей.

Низкое содержание углерода в сварном шве обуславливает хорошую стойкость против кристаллизационных трещин, появление которых в основном возможно по причине неблагоприятной подготовки (глубокая и узкая разделка). Для того, чтобы предупредить образование в сварном шве пор и непроваров необходимо выполнять тщательную зачистку свариваемых кромок, удаляя ржавчину, масло и другие загрязнения [3].

Для того, чтобы повысить стойкость металла шва против кристаллизационных трещин, следует применять сварочные материалы с низким содержанием серы и углерода.

На прочность сварных соединений, выполненных в конструкциях из стали 09Г2С, оказывает существенное влияние геометрия сварного шва и рациональный выбор последовательности выполнения сварных швов.

1.3 Описание операций базового технологического процесса ремонтной сварки магистрального газопровода

При выполнении базового технологического процесса ремонтной сварки магистрального газопровода предусматриваются следующие операции технологического процесса:

- очистка кромок труб от загрязнения и их разделка,
- сборка труб под сварку с соблюдением допусков по точности сборки,
- предварительный подогрев кромок перед сваркой,

- выполнение сварки (корневой слой шва, заполнение разделки и облицовочный слой),
- контроль качества сварки.

В процессе выполнения первой операции проводят зачистку до металлического блеска поверхности труб на ширину 15 мм от кромок. Для зачистки применяют шлифовальную машинку. Если на поверхности труб обнаружены задиры и риски глубиной до 5 мм, то их следует заплавить ручной дуговой сваркой с применением электродов ОК 53.70 диаметром 2,6 мм. Для питания сварочной дуги применяется выпрямитель ВД-306Д. Перед сваркой проводят предварительный подогрев кромок до температуры 100...130 °С, которую контролируют контактными термопарами или термическими карандашами. Параметры режима ремонтной заварки дефектов соответствуют параметрам режима корневого слоя шва. Контроль состояния кромок проводят с применением ультразвукового дефектоскопа УД-303 на ширину 40 мм. В случае, если были обнаружены расслоения стенки трубы, следует отрезать конец трубы длиной 300 мм и повторить подготовку кромок и контроль состояния торцев труб.

При выполнении второй операции технологического процесса следует контролировать правильность разделки кромок, которая должна соответствовать указанной на рисунке 2. Собирают трубы с использованием внешнего центриатора. Контролируют смещение кромок, величина которого не должна превышать 3 мм. Следует обеспечить технологический зазор между торцами труб величиной 2,5...3,5 мм. В случае, если технический зазор указанного размера получить не удаётся, следует выполнить калибровочный пропил. При сборке труб необходимо соблюдать смещение продольного заводского шва одной трубы от продольного заводского шва другой трубы не менее чем на 100 мм.



Рисунок 2 – Разделка кромок

При выполнении третьей операции технологического процесса проводят предварительный подогрев кромок перед сваркой. Температура предварительного подогрева составляет 100...130 °С. Трубы нагревают по периметру на ширину до 75 мм от их торцев. Контроль температуры труб проводят в точках, находящихся на расстоянии 10...15 мм от торца трубы, количество контрольных точек – четыре, их расположение должно быть равномерно по периметру трубы.

Контроль температуры предварительного подогрева выполняют с использованием термического карандаша или пирометра ИК-6020.

Следующая операция предполагает выполнение прихватки, корневого слоя шва, заполняющих слоёв и облицовочного слоя.

При выполнении прихваток используются электроды LB-52U диаметром 3,2 мм, возможно также применение электродов ОК 35.70 диаметром 2,6 мм. При выполнении прихваток параметры режима сварки назначают такие же, как и при выполнении корневого слоя шва согласно таблицы 3. Расстояние прихваток от заводского продольного шва на трубе должно быть не менее 100 мм. Прихватку ведут сварщики, которым предстоит выполнять корневой слой шва.

После того, как прихватки выполнены, их следует зачистить с применением шлифмашинки и проконтролировать визуально на предмет

отсутствия видимых дефектов – трещин, непроваров, наплывов. В случае обнаружения недопустимого дефекта в прихватке её полностью зачищают и переваривают.

Таблица 3 – Параметры режима сварки при выполнении базовой технологии ремонтной сварки магистрального газопровода

Сварочные слои	Марка электрода	Ø, мм	Полярность	Сварочный ток, А
«Корневой	ОК-53.70	2,5	обратная	70 – 90
	или LB-52U	3,2		80 – 120
Заполняющие	ОК 53.70	3,2	обратная	90 – 120
		4		130 – 170
Облицовочный» [10]	ОК 53.70	3,2	обратная	80 – 110
		4		130 – 160

Коневой слой шва выполняется электродами LB-52U диаметром 3,2 мм или электродами ОК 35.70 диаметром 2,6 мм. Параметры режима сварки корневого слоя шва представлены в таблице 3. В процессе выполнения корневого слоя шва прихватки, выполненные ранее, должны быть полностью переплавлены. Снятие наружного центриатора можно выполнять следует, если сварено не менее 60 % корневого слоя шва.

После заварки корневого слоя шва следует выполнить его зачистку с применением шлифовальной машинки и визуально контролировать на предмет отсутствия видимых дефектов. При обнаружении непроваров, трещин, смещения кромок более 2 мм и несплавлений необходимо выполнить подварку корня шва изнутри. При этом усиление подварочного слоя должно составлять 1...3 мм, а ширина – 8...10 мм. Подварочный шов следует выполнять до выполнения заполняющих слоёв шва.

Для выполнения заполняющих слоёв шва применяются электроды ОК 35.70 диаметром 3,2 мм или 4 мм. Параметры режима заполняющих слоёв представлены в таблице 3. Следует выполнять непрерывную в несколько проходов сварку до полного заполнения разделки. После того, как

выполнен каждый проход, выполняют послойную зачистку, устраняя шлак и брызги наплавленного металла.

Облицовочный слой шва выполняют электродами ОК 35.70 диаметром 3,2 мм или 4 мм на параметрах режима, который представлены в таблице 3.

Геометрия сварного шва после выполнения корневого слоя, заполняющих слоёв и облицовочного слоя представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Геометрия сварного шва

После выполнения сварки следует провести контроль качества с применением визуально-измерительного контроля в объёме 100 % и радиографического контроля в объёме 100 %.

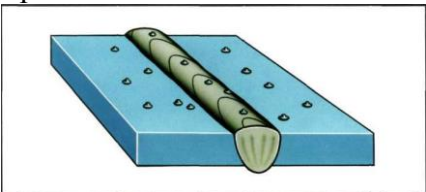
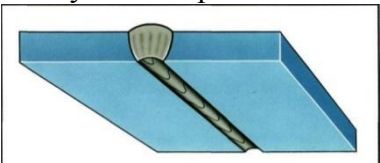
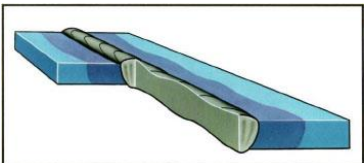
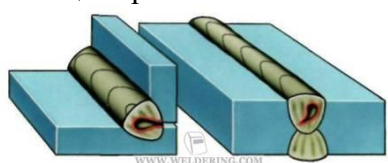
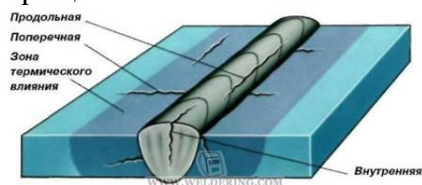
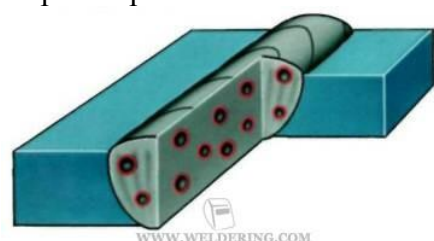
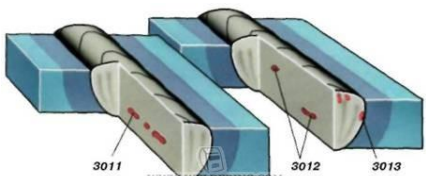
Визуально-измерительный контроль направлен на обнаружение видимых дефектов сварного шва. Облицовочный слой должен плавно переходить на основной металл и иметь усиление 1...3 мм. Наплывы и подрезы глубиной более 0,5 мм не допускаются. Также на поверхности облицовочного слоя шва не должно быть кратеров, трещин, свищей и выходящих на поверхность пор [16].

При проведении радиографического контроля выполняется проверка сварного шва на наличие таких дефектов, как непровары, включения, трещины и поры, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Дефекты, возникающие при сварке по базовой технологии и анализ причин их образования [1], [5]

Дефекты	Причины образования дефектов
<p style="text-align: center;">1</p> <p>Непровары</p> 	<p style="text-align: center;">3</p> <p>«- недостаточная величина технологического зазора при сборке; - ошибки при подготовке кромок (увеличенное притупление кромок); - плохая зачистка поверхности перед сваркой; - недостаточное качество послойной зачистки; - несоблюдение параметров режима сварки (малая погонная энергия); неправильное ведение электрода при сварке» [1], [5]</p>
<p>Прожоги</p> 	<p>«- сборка торцев труб со значительным смещением кромок; - несоблюдение параметров режима сварки – малая погонная энергия; - превышение величины технологического зазора заданного значения; - ошибки при подготовке кромок (недостаточное притупление кромок); - деформации деталей при сварке» [1], [5]</p>
<p>Кратеры</p> 	<p>- неправильное ведение электрода при сварке</p>
<p>Наплывы на сварном соединении</p> 	<p>«- неправильное ведение электрода при сварке (недостаточный наклон, чрезмерная скорость сварки); - повышенное падение напряжения на дуге при её чрезмерной длине; - несоблюдение параметров режима сварки - чрезмерная величина сварочного тока» [1], [5]</p>
<p>Подрезы зоны сплавления.</p> 	<p>«- неправильное ведение электрода при сварке (недостаточный наклон, чрезмерная скорость сварки); - несоблюдение параметров режима сварки (чрезмерная величина сварочного тока); - неправильное ведение электрода при сварке (недостаточный наклон, чрезмерная скорость сварки)» [1], [5]</p>

Продолжение таблицы 4

1	3
<p>Брызги металла</p> 	<p>«- неправильное ведение электрода при сварке (недостаточный наклон, чрезмерная скорость сварки); - повышенное падение напряжения на дуге при её чрезмерной длине» [1], [5]</p>
<p>Вогнутость корня шва</p> 	<p>«- избыточная величина технологического зазора при сборке; - ошибки при подготовке кромок (недостаточное притупление кромок) » [1], [5]</p>
<p>Занижение шва</p> 	<p>«- избыточная величина технологического зазора при сборке; - ошибки при подготовке кромок (чрезмерная величина угла разделки); - неправильное ведение электрода при сварке» [1], [5]</p>
<p>Свищ сварного шва.</p> 	<p>- недостаточное качество основного металла; - нарушение газовой защиты.</p>
<p>Трещины</p> 	<p>«- термообработка проведена не сразу после сварки - при сварке была нарушена газовая защита сварочной ванны; - недостаточное качество основного металла; - чрезмерная скорость сварки вызвала увеличение скорости охлаждения» [1], [5]</p>
<p>Поры сварного шва</p> 	<p>«- недостаточное качество основного металла. - некачественная прокалка электродов перед сваркой; - неправильное ведение электрода при сварке (чрезмерная длина дуги); - нарушение подготовки свариваемых кромок; - при сварке была нарушена газовая защита сварочной ванны; - неправильно выбран диаметр электрода; - чрезмерная скорость сварки вызвала увеличение скорости охлаждения» [1], [5]</p>
<p>Включения</p> 	<p>«- неправильное ведение электрода при сварке; - плохая зачистка поверхности перед сваркой; - при сварке была нарушена газовая защита сварочной ванны; - недостаточное качество основного металла» [1], [5]</p>

Для визуально-измерительного контроля применяется комплект, в состав которого входят: инструкция РД 03-606-03, лупа просмотровая с подсветкой 3,5 х, лупы просмотровые 4х и 7х, лупа измерительная ЛИЗ-10х, универсальный шаблон сварщика УШС-3, наборы щупов и радиусных шаблонов, маркер по металлу, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 с глубиномером, фонарик, линейка металлическая Л-300 (300 мм), футляр для хранения, рулетка, угольник металлический.

Для рентгеновского контроля применяется дефектоскоп РПД-200.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является «повышение производительности и качество при ремонте магистрального газопровода диаметром 720 мм».

При выполнении базового технологического процесса ремонтной сварки магистрального газопровода последовательно выполняются операции:

- очистка кромок труб от загрязнения и их разделка
- сборка труб под сварку с соблюдением допусков по точности сборки,
- предварительный подогрев кромок перед сваркой,
- выполнение сварки (корневой слой шва, заполнение разделки и облицовочный слой),
- контроль качества сварки.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Во-первых, ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов. Во-вторых, недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла.

В-третьих, следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. Четвёртым недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

На основании проведённого анализа конструкции трубопровода, возникающих дефектов, материала трубопровода и базовой технологии сварки следует сформулировать задачи выпускной квалификационной работы:

- выполнить обоснованный выбор способа сварки с учётом результата анализа альтернативных способов сварки магистрального газопровода;
- назначить оптимальные параметры режима сварки при выполнении проектного технологического процесса сварки магистрального газопровода, выбрать сварочное оборудование и сварочные материалы;
- сформулировать требования к выполнению операций технологического процесса сварки магистрального газопровода.

В ходе выполнения оценочного блока следует выполнить оценку предложенных решений с точки зрения экологической безопасности и экономического эффекта при внедрении в производство.

2 Составление проектной технологии ремонтной сварки магистрального газопровода

2.1 Обоснование выбора способа сварки

При выборе способа сварки необходимо руководствоваться ранее проведённым анализом свариваемости материала труб, толщиной свариваемого металла, условиями проведения сварки, необходимостью повышения производительности и качества сварки по сравнению с применяемой по базовой технологией ручной дуговой сваркой штучными электродами.

Сварка стали 09Г2С может выполняться всеми способами без ограничений:

- «газовая сварка,
- ручная дуговая сварка,
- сварка в инертном газе неплавящимся электродом,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- лазерная сварка,
- автоматическая сварка под флюсом,
- сварка самозащитной порошковой проволокой» [14], [15].

Рассматриваемая толщина деталей составляет 10 мм. Для такой толщины металла можно признать эффективными следующие способы сварки:

- «ручная дуговая сварка,
- сварка в инертном газе неплавящимся электродом,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- лазерная сварка,
- автоматическая сварка под флюсом» [14], [15].

При выполнении кольцевых швов стыка труб применение автоматической сварки под флюсом затруднено осыпанием флюса с

поверхности труб. Кроме этого, выполнение ремонтной сварки предусматривает сварку нескольких стыков, применять к которым средства автоматизации нецелесообразно. Исходя из этого для дальнейшего анализа выбираем такие способы, как:

- «ручная дуговая сварка,
- автоматическая сварка под флюсом,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- сварка порошковой самозащитной проволокой» [14], [15].

Экспертную оценку каждого способа проведем по различным критериям, представленным в таблице 5, анализируемым с использованием знаний, полученных при обучении на кафедре сварки. Самый высокий суммарный балл получила механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения. Этот способ и будем использовать при составлении проектной технологии ремонтной сварки магистрального газопровода.

Таблица 5 – Экспертная оценка анализируемых способов сварки по выбранным критериям

Показатель	Способ сварки			
	Ручная дуговая	Под флюсом	В защитном газе	Порошковой самозащитной проволокой
«Производительность	1	4	2	3
Мобильность способа	4	1	2	3
Стоимость сварочных материалов	2	3	4	1
Условия труда	1	3	4	2
Стоимость оборудования	4	1	2	3
Качество сварного шва» [14]	1	4	3	2
ВСЕГО	13	16	17	13

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 4, имеет ряд преимуществ, которые позволили получить ей широкое распространение во многих отраслях промышленности [2], [14]:

- относительная дешевизна и простота сварочного оборудования;
- возможность проведения сварки с использованием уже имеющегося на предприятии оборудования;
- построение технологического процесса с применением ручной дуговой сварки не требует глубоких профессиональных знаний.

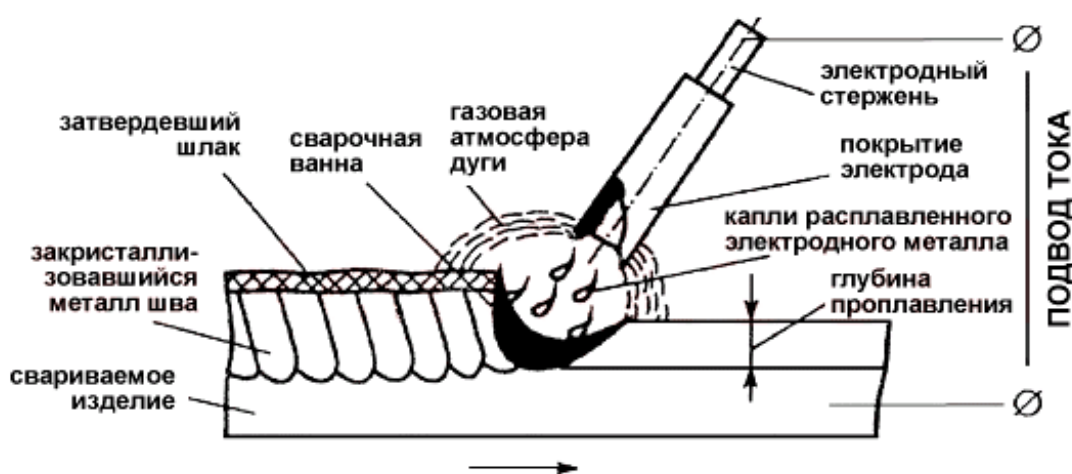


Рисунок 4 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

В настоящее время применение ручной дуговой сварки планомерно сокращается. Это обусловлено её недостатками, влияние которых следует учитывать в современном производстве [2], [14]:

- увеличенные потери сварочного материала на угар, разбрызгивание и образование огарков;
- низкая производительность процесса сварки, которая обусловлена малой производительностью ручной дуговой сварки. В настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов;

- недостаточная стабильность качества сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла;
- тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов.

Сварка под флюсом, схема выполнения которой представлена на рисунке 5, позволяет получать соединения высокого качества и с высокой производительностью. Этот способ сварки применяется, главным образом, при сварке в нижнем положении деталей, так как в других положениях возникают проблемы с удержанием сварочного флюса. Использование автоматической сварки под флюсом позволяет сваривать металл толщиной 10...20 мм при двухсторонней однопроходной сварке на флюсовой подушке. Широкое распространение сварки под флюсом в массовом производстве обусловлено преимуществами этого способа:

- первым преимуществом является широкие возможности для изменения состава наплавленного металла, так как возможно легирование как через проволоку, так и через флюс;
- вторым преимуществом является высокая стабильность качества сварных соединений, которая сохраняется при сварке на открытом воздухе;
- третьим преимуществом является отсутствие потерь электродного металла на разбрызгивание и угар;
- четвёртым преимуществом является высокая производительность процесса и хорошие условия труда сварщика, так как отсутствует негативное влияние излучения дуги.

Сварка под флюсом характеризуется следующими недостатками:

- первым недостатком является необходимость удержания сварочного флюса на изделии, что ограничивает применение этого способа сварки в случае положения, отличных от нижнего;

- вторым недостатком является сложность сварочного оборудования, которое значительно сложнее, чем для ручной дуговой сварки;
- третьим недостатком является высокая текучесть шлака в расплавленном состоянии, что может стать причиной образования пор и шлаковых включений;
- четвёртым недостатком является опасность вытекания расплавленного металла через зазор, что заставляет повышать требования к подготовке кромок и сборке.

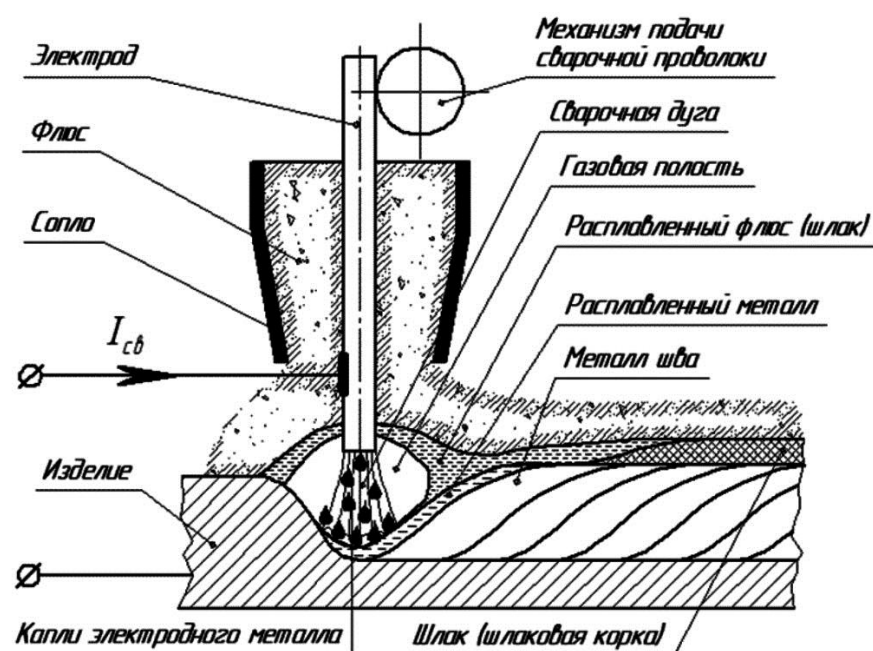
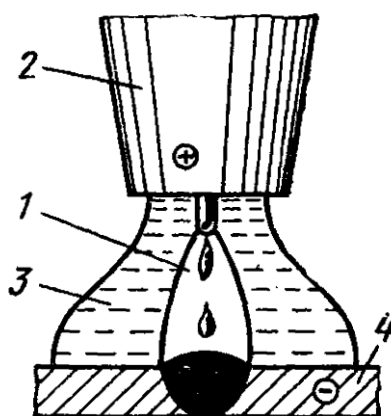


Рисунок 5 – Схема выполнения автоматической сварки под флюсом

В настоящее время механизированная сварка в среде защитных газов с применением проволоки сплошного сечения, схема выполнения которой представлена на рисунке 6, в настоящее время получает всё большее распространение и уже опережает ручную дуговую сварку. Этот способ сварки обладает большей производительностью, чем ручная дуговая сварка. К тому же, у механизированной сварки ещё не исчерпаны резервы для повышения производительности за счёт оптимизации параметров режима и механизма переноса электродного металла. В числе преимуществ этого способа сварки можно отметить:

- первым преимуществом является отсутствие гари и дыма, как при ручной дуговой сварке, что облегчает визуальное наблюдение за ходом образования соединения;
- вторым преимуществом является практически полное отсутствие шлаковой корки, что положительно сказывается на производительности, поскольку нет необходимости зачистки слоёв сварного шва.
- третьим преимуществом является низкая текучесть сварочной ванны, что упрощает применение этого способа для верхнего и потолочного положений сварного шва.



1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитный газ; 4- основной металл

Рисунок 6 – Схема процесса сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Очевидные преимущества механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения оттеняются недостатками этого способа сварки:

- первым недостатком является интенсивное разбрызгивание, которое увеличивается на сформированных режимах, что ограничивает рост производительности и приводит к повышенному расходу сварочных материалов;

- вторым недостатком является риск получения трещин в металле шва, который увеличивается по причине низкой текучести металла сварочной ванны;
- третьим недостатком является некоторое усложнение применяемого оборудования из-за необходимости подачи сварочной проволоки и защитного газа.

Отечественными и зарубежными исследователями проведены значительные работы в области повышения эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов [8], [11], [12], [18], [19]. Достигнуты значительные успехи в этом направлении, за счёт обеспечения управляемого переноса электродного металла.

Сварка самозащитной порошковой проволокой предоставляет значительные преимущества при организации технологического процесса, которые наиболее полно проявляются именно в условиях монтажа и ремонта [13], [17]. Схема выполнения сварки представлена на рисунке 7.

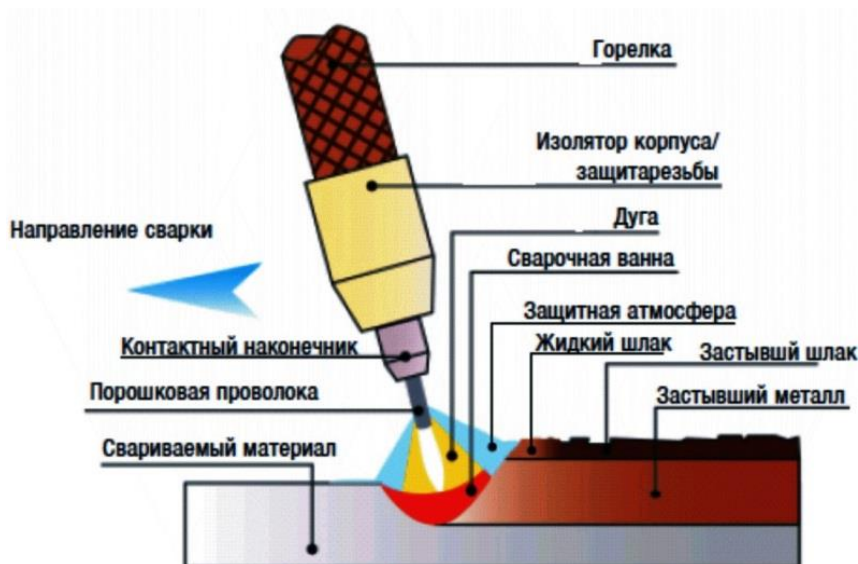


Рисунок 7 – Схема процесса сварки самозащитной порошковой проволокой

В числе преимуществ сварки самозащитными порошковыми проволоками можно обозначить:

- отсутствие газовой аппаратуры, что повышает мобильность способа сварки при выполнении монтажных и ремонтных работ;
- улучшение защиты шва при сварке на открытом воздухе;
- возможность повышения производительности сварки по сравнению со сваркой проволоками сплошного сечения.

Однако применение самозащитных порошковых проволок ограничивается из-за множественных недостатков:

- самозащитная проволока склонна к заломам, что предъявляет повышенные требования к подающему механизму и уменьшает расстояние, на которое может быть подана проволока;
- горение самозащитной проволоки происходит неравномерно, оболочка проволоки расплавляется, а сердечник проволоки может просыпаться в сварочную ванну и становиться причиной образования пор и шлаковых включений;
- наличие шлака на поверхности сварного шва приводит к необходимости зачистки при выполнении многослойных швов, что снижает производительность выполняемых работ;
- из-за повышенной текучести шлака при сварке порошковой самозащитной проволокой высока опасность образования шлаковых карманов, усложняется сварка в узкую разделку и сварка корневого слоя шва;
- высокая текучесть металла сварочной ванны существенно усложняет выполнение вертикальных и потолочных швов.

На основании проведённого анализа альтернативных способов сварки можно оценить эффективность применения того или иного способа для построения проектной технологии ремонтной сварки магистрального трубопровода. Показано, что применяемая по базовому варианту ручная дуговая сварка, может быть заменена более производительным способом сварки – механизированной сваркой в защитных газах проволокой сплошного сечения.

2.2 Подготовка кромок труб и сборка стыка

Сборке труб под сварку должен предшествовать осмотр кромок и поверхности труб. «Обнаруженные на наружной поверхности труб царапины, риски и задиры устраняют при помощи шлифования, если их глубина составляет 0,2...0,5 мм, а исправление не превысит минусовой допуск на толщину стенки по ТУ или ГОСТ.

Недопустимо выполнять ремонт любых повреждений (забоин, задигов и т.д.) с применением сварки, а также не допускается исправление вмятин на концах труб при помощи правки.

Если обнаружены недопустимые дефекты, следует выполнить машинную кислородную резку трубы, обеспечивая получение скоса кромки 25...30°.

Ультразвуковой контроль выполняют по всему периметру трубы, при этом ширина контролируемого участка составляет 40 мм от резаного торца. Если в ходе ультразвукового контроля были обнаружены расслоения, следует отрезать торец трубы на расстояние не менее 300 мм и выполнить повторный ультразвуковой контроль.

Усиление заводского шва на трубах следует сошлифовать снаружи трубы до величины 0,5...1,0 мм на длине 10...15 мм от торца трубы» [16].

«Прилегающие к кромкам наружная и внутренняя поверхности труб на ширину 15 мм должны быть зачищены до металлического блеска при помощи шлифмашинки с дисковой проволочной щёткой.

Для выполнения механической обработки торцов труб следует применять станок для подготовки кромок PFM 3456, представленный на рисунке 8.

Сборку труб под сварку следует выполнять на наружном центраторе без прихваток.

При сборке следует следить, чтобы расстояние между заводскими швами стыкуемых труб составляло не менее 100 мм (при этом

рекомендуемое расстояние составляет 250 мм). Рекомендуется располагать трубы так, чтобы заводские швы находились в верхней половине периметра стыка» [16].



Рисунок 8 – Подготовка кромок труб с использованием станка PFM 3456

Сборку «стыкового соединения труб следует выполнять без зазора. Допускается локальный зазор в собранном стыке, величина которого не превышает 0,5 мм на участках, длина которых составляет не более 100 мм.

При сборке следует контролировать смещение кромок. Смещение кромок необходимо равномерно распределять по периметру стыка, при этом величина наружного смещения кромок должна быть не более 2,0 мм. Допускаются локальные смещения кромок, имеющие величину до 3,0 мм.

При сборке недопустима подгонка с применением ударного инструмента» [16].

2.3 Предварительный подогрев

«Перед сваркой следует провести предварительный подогрев стыка. Для предварительного подогрева применяется установка индукционного нагрева, представленная на рисунке 9. Температура предварительного подогрева составляет +100...130 °С.

Необходимо обеспечивать равномерность подогрева по толщине стенки и периметру стыка, подогрев ведётся на расстоянии не менее 150 мм от стыка (в каждую сторону от стыка не менее 75 мм).

Температура предварительного подогрева замеряется на наружной поверхности труб в четырёх местах, которые должны быть равномерно расположены в каждой четверти периметра стыка. При этом термомпары располагают на расстоянии 10...15 мм и 60...75 мм в обе стороны от свариваемых кромок.

Для предварительного подогрева используется набор водоохлаждаемых кабелей для индукционного нагрева труб (производство «Унитех», www.unitechufa.ru), включающий гибкий кабель ВГИК (Водоохлаждаемый гибкий индукционный кабель), являющийся индуктором, и два токоподвода (ВИТ – Водоохлаждаемый индукционный токоподвод и МТК – Малоиндукционный токоподводящий кабель)» [3].

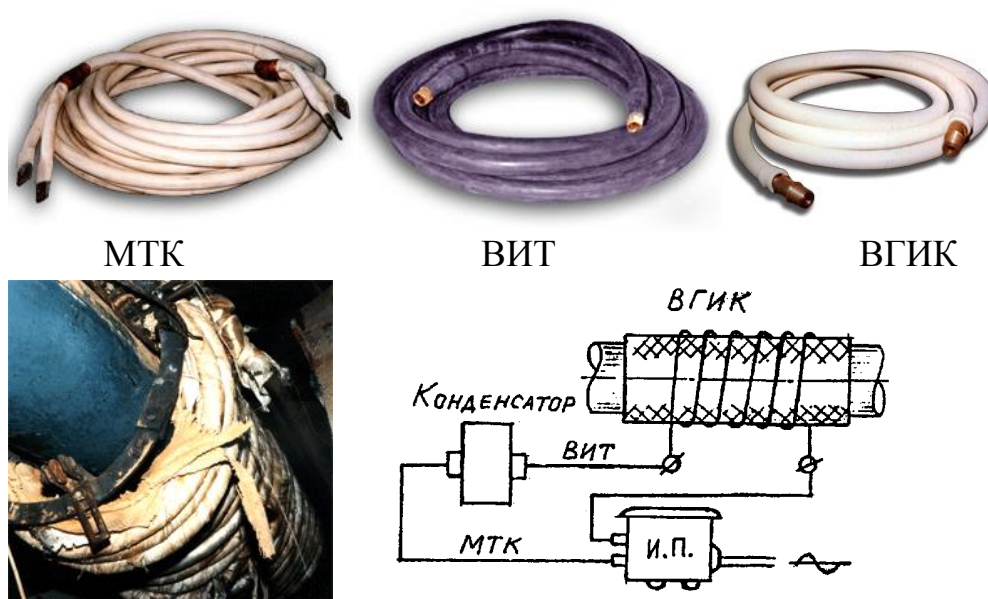


Рисунок 9 – Элементы для индукционного нагрева ВГИК, ВИТ и МТК и схема их подключения

Кабель ВГИК представляет собой гофрированную гибкую трубку диаметром 25...30 мм из нержавеющей стали или латуни толщиной 0,2...0,3 мм, помещенную в медную оплетку, являющуюся основной

токопроводящей частью кабеля. Снаружи кабель изолирован термостойкой резиной, стеклотканевым и асботканевым чехлом. Кабель ВГИК выпускается нескольких модификаций в зависимости от величины и частоты рабочего тока (на ток 800, 1000 и 1200 А частотой от 50 Гц до 10 кГц).



Рисунок 10 – Сварочный трансформатор ТДМ-501

При выполнении предварительного подогрева в качестве источника питания применим сварочный трансформатор ТДМ-501, представленный на рисунке 10.

2.4 Сварка стыка

Выполнение механизированной сварки предусматриваем с использованием технологии STT. В качестве проволоки сплошного сечения принимаем проволоку производства Lincoln Electric марки L-56 диаметром 1,14 мм. Также для сварки могут быть применены аттестованные аналоги этой проволоки.

Проволока SuperArc L-56, представленная на рисунке 11, «предназначена в первую очередь для сварки по металлам, покрытым слоем окалины - от среднего до значительного. Для достижения максимального качества сварки её следует использовать по чистым поверхностям без следов смазки и ржавчины.

Проволока содержит значительные количества кремния и марганца в качестве раскислителей. Внешний вид сварочного шва и смачивающие свойства выше требуемых по классификации ER70S-3 и ER70S-4. Сварщики особенно отличают эту проволоку за мягкость дуги и прекрасную подачу» [16]. Химический состав проволоки представлен в таблице 6, а механические свойства наплавленного металла – в таблице 7.



Рисунок 11 – Проволока SuperArc L-56

Таблица 6 – Химический состав проволоки SuperArc L-56

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
0,05...0,15 %	1,40...1,85 %	0,80...1,15 %	< 0,035 %	< 0,025 %	до 0,50 %

Таблица 7 – Механические свойства наплавленного металла

Предел прочности, МПа	Предел текучести, МПа	Относит. удли., %	Ударная вязкость при -29 °С, Дж
564	468	29	54

«Параметры режима сварки выбираются согласно рекомендациям фирмы Lincoln Electric, приведённых в таблице 8. Вылет электрода составляет 9,5...15,9 мм. Обычной ошибкой при сварке является слишком большой вылет. Для лучшего контроля за вылетом электрода необходимо, чтобы контактный наконечник выступал от торца сопла сварочной горелки на расстоянии 6,4 мм» [16].

Таблица 8 – Параметры режима сварки по технологии STT проволокой SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм

Скорость подачи проволоки, дюйм./мин	Пиковый ток, А	Сварочный ток, А	Базовый ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
90...170	400...420	150...170	35...55	10...12	10...16

Полуавтоматическая сварка STT корневого шва неповоротных стыков труб ведется на спуск, как на рисунке 12. «Процесс начинается в верхней части трубы в положении 12-ти часов. Возбуждение дуги производится на одной из кромок. Затем дуга переносится на противоположную кромку, формируя при этом сварочную ванну. На этом участке трубы сварка осуществляется с дугообразными колебаниями небольшой амплитуды. Дугу следует располагать внутри сварочной ванны в первой 1/4 или 1/3 от ее переднего фронта. Нельзя располагать дугу на передней кромке сварочной ванны. В позициях от 12-ти до 2-го часа сварка производится углом назад. При этом угол наклона электрода составляет 45 градусов. Совершая дугообразные колебания, не задерживаясь на кромках трубы. Прямолинейные колебания с кромки на кромку приводят к увеличению проплавления. Большая глубина проплавления достигается, если дуга горит внутри сварочной ванны» [16].

«С позиции 2-го часа до 4-го часа амплитуду колебаний можно уменьшить и затем совсем прекратить их, продолжая двигаться вдоль стыка и располагая дугу внутри сварочной ванны в первой трети от ее переднего фронта. Угол наклона электрода на этом участке уменьшают до 10...20 градусов.

В позиции 4-6 часов колебания можно возобновить и увеличить угол наклона электрода до 20...30 градусов. При прекращении сварки необходимо прерывать дугу на одной из кромок. По внешнему виду наплавленного валика можно судить о необходимости корректировки сварочных параметров» [16].

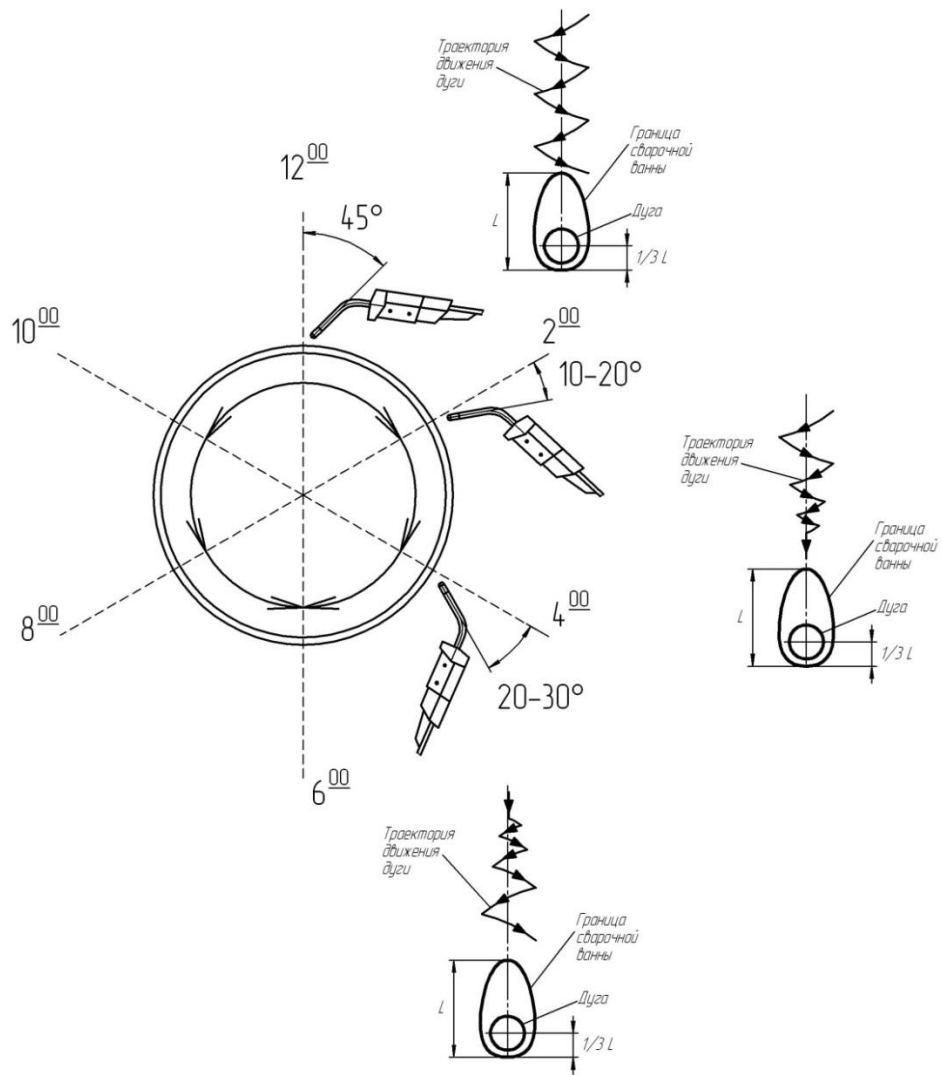


Рисунок 12 – Техника сварки стыка труб по технологии STT



Рисунок 13 – Источник питания Invertec STT-II с механизмом подачи проволоки LF-33

Для выполнения сварки применяется инверторный источник питания с импульсной технологией STT – сварочный аппарат Invertec STT-II, который представлен на рисунке 13. Технология STT предусматривает перенос электродного металла при сварке силами поверхностного натяжения, что позволяет устранить разбрызгивание и повысить стабильность качества сварки.

Выводы по второму разделу

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качество при ремонте магистрального газопровода диаметром 720 мм.

При анализе состояния вопроса могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы, решение которых выполнялось во втором (исполнительском разделе):

- на основании анализа альтернативных способов сварки произвести обоснованный выбор способа ремонтной сварки магистрального газопровода;
- выбрать сварочное оборудование, сварочные материалы и назначить оптимальные параметры режима сварки, сформулировать требования к выполнению технологических операций.

При анализе альтернативных способов сварки, применение которых возможно и может оказаться эффективным при ремонтной сварке магистральных трубопроводов, оценивались такие способы, как:

- ручная дуговая сварка,
- автоматическая сварка под флюсом,
- механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения,
- сварка порошковой самозащитной проволокой.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки, что сделано на основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа с использованием современных источников научно-технической информации. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Составлена проектная технология ремонтной сварки магистрального газопровода, выбраны параметры режима сварки, необходимое оборудование и составлена последовательность выполнения операций:

- первая операция - подготовка кромок,
- вторая операция - сборка,
- третья операция - предварительный подогрев,
- четвёртая операция - сварка,
- пятая операция контроль качества.

На основании анализа источников научно-технической информации, найденных в сети ИНТЕРНЕТ с использованием поисковой системы GOOGLE, баз данных «Киберленинка», «Диссернет» рассмотрены повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. Предложено применить сварку с импульсным управлением дугой. Ожидаемое повышение производительности в два раза и улучшение внешнего вида за счёт устранения разбрызгивания произойдёт при применении источника питания Invertec STT-II.

Для достижения поставленной цели необходимо идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить меры по их устранению [6], [7].

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [9], [7].

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

В настоящей выпускной квалификационной работе составлена проектная технология ремонтной сварки магистрального трубопровода.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения. Проектный технологический процесс существенно отличается от базового процесса ремонтной сварки. Изменение технологического процесса по сравнению с базовым процессом сварки может привести к возникновению новых опасных и вредных производственных факторов, которые скажутся негативно на здоровье персонала и состоянии окружающей среды.

В связи с этим необходимо провести исследования особенностей осуществления проектного технологического процесса, направленные на идентификацию опасных и вредных производственных факторов. Идентификация опасных и вредных производственных факторов, в свою очередь, позволит предложить технологические и организационные мероприятия для устранения негативного влияния этих факторов или уменьшения их влияния до допустимого уровня.

Кроме того, повышение экологической ответственности производственных предприятий делает необходимым проведение дополнительных технологических и организационных мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия производств на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

Таблица 9 – Технологически паспорт объекта

Наименование операции технологического процесса	Наименование должности работника, выполняющего данную операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые на операции
1. «Подготовительная операция»	Слесарь-сборщик	Толщиномер ультразвуковой, орбитальная газовая резка, ультразвуковой дефектоскоп, Разжимное приспособление, газовая горелка, источник ВД-306Д	Круг абразивный, кислород, ацетилен, ветошь, рукавицы
2. Сборка	Электросварщик	Центратор, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки	Углекислый газ, сварочная проволока
3. Предварительный подогрев	Электросварщик	Установка индукционного нагрева, контактные термопары	Термокарандаш
4. Осуществление сварки на трубопроводе	Электросварщик	Сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки	Углекислый газ, сварочная проволока
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб» [14]	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп	масло

Анализ данных в таблице 9 позволяет в дальнейшем провести идентификацию опасных и вредных производственных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Проведение идентификации профессиональных рисков при реализации проектной технологии делает необходимым выявление и анализ опасных и вредных производственных факторов. Эксплуатация технологического оборудования приводит к возникновению опасных и вредных производственных факторов, которые для удобства сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Идентификация профессиональных рисков при реализации проектной технологии

Наименование операции технологического процесса	Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Оборудование или иные объекты, становящиеся причиной возникновения опасного или вредного производственного фактора
1. Подготовительная операция	- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев; - механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования;	Толщиномер ультразвуковой, орбитальная газовая резка, ультразвуковой дефектоскоп, Разжимное приспособление, газовая горелка, источник ВД-306Д
2. Сборка	- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	Центратор, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки
3. Предварительный подогрев	- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур;	Установка индукционного нагрева, контактные терморпары
4. Осуществление сварки на трубопроводе	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока; - нагрев поверхности деталей до высоких температур; - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	Сборочное приспособление, сварочный источник питания, механизм подачи проволоки
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам; - ультразвуковое излучение	Ультразвуковой дефектоскоп

Эти факторы приводят к возникновению производственных травм и развитию у работников профессиональных заболеваний.

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев;
- механическое взаимодействие с массивными движущимися частями технологического оборудования;
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам;
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока;
- нагрев поверхности деталей до высоких температур;
- инфракрасное излучение;
- ультрафиолетовое излучение;
- ультразвуковое излучение.

Анализ этих факторов в дальнейшем позволит предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

3.3 Предлагаемые технологические и организационные мероприятия для снижения профессиональных рисков

Ранее была выполнена идентификация опасных и вредных производственных факторов, совокупное или отдельное действие которых приводит к возникновению профессиональных рисков.

Таблица 11 – Технологические и организационные мероприятия по снижению профессиональных рисков

Опасный или вредный производственный фактор, являющийся причиной возникновения профессионального риска	Наименование технологического или организационного мероприятия по снижению профессиональных рисков	Применяемые средства индивидуальной защиты
- наличие на инструментах и деталях острых кромок и режущих заусенцев	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности	спецодежда
- механические взаимодействия с массивными движущимися частями технологического оборудования	- монтаж ограждений для ограничения попаданий работников в опасную зону, где они могут столкнуться с движущимися частями оборудования; - оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами	спецодежда
- превышение уровня загрязнения воздуха рабочей зоны по пыли и газам	- организация местного удаления загрязнённого воздуха рабочей зоны; - устройство общеобменной вентиляции для поступления чистого воздуха в рабочую зону	средства индивидуальной защиты дыхательных путей
- опасность прохождения через человека повышенных значений электрического тока	- оснащение технологического оборудования защитным заземлением и устройствами защитного отключения; - периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - проведение периодических замеров сопротивления изоляции и заземления	спецодежда
- нагрев поверхности деталей до высоких температур	- периодический инструктаж работников о необходимости соблюдения производственной безопасности; - повышение уровня автоматизации основных и вспомогательных операций	спецодежда
- ультразвуковое излучение	- оснащение оборудования, ограждения и конструкций соответствующими предупреждающими табличками и плакатами; - ограничение длительности воздействия вредного фактора на персонал	спецодежда
- инфракрасное излучение	- экранирование места сварки; - ограждение места сварки для недопущения туда лишних людей	спецодежда
- ультрафиолетовое излучение	- экранирование места сварки; - ограждение места сварки для недопущения туда лишних людей	спецодежда

Анализ этих факторов позволяет предложить для каждого из них стандартные технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить действие этих факторов или уменьшить их действие до приемлемого уровня.

Внедряемые на предприятии технологические и организационные мероприятия представлены в таблице 11. Как видно из этой таблицы, предлагаемые мероприятия имеют стандартное исполнение, разработка специализированных средств защиты не требуется.

Предлагаемые в работе меры позволяют значительно снизить травматизм персонала при выполнении проектной технологии. Также значительно уменьшается вероятность появления у персонала профессиональных заболеваний.

Следует учитывать, что после внедрения в производство предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений не только возникнут опасные и вредные производственные факторы.

Производственное предприятие постоянно подвергается риску возникновения пожаров, которые могут причинить вред работникам и имуществу предприятия. Кроме того, работа предприятия сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду, загрязнением атмосферы, гидросферы и литосферы.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

При реализации проектной технологии существует риск подвергания персонала и имущества предприятия опасным факторам пожара. Для того, чтобы предложить меры защиты от пожара, следует, во-первых, разработать мероприятия против возникновения пожара, во-вторых, предусмотреть средства для устранения пожара.

Таблица 12 – Определение класса пожара и идентификация опасных факторов

Обозначение производственного участка	Перечень имеющегося на участке оборудования	Классификация пожара по виду горящего вещества	Перечень опасных факторов, возникающих при пожаре	Перечень вторичных опасных факторов, возникающих при пожаре
Участок ремонтной сварки трубопровода	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [б]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [б].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [б].

Таблица 13 – Перечень технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность

Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	«Первичные средства пожаротушения	
Специализированные расчеты (вызываются)	Мобильные средства пожаротушения	
Нет необходимости	Стационарные установки системы пожаротушения	
Нет необходимости	Средства пожарной автоматики	
Пожарный кран	Пожарное оборудование	
План эвакуации	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	
Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	
Кнопка оповещения» [б]	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.	

Таблица 14 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок ремонтной сварки трубопровода	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [6].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [6].

Идентификация опасных факторов при возникновении на предприятии пожара представлена в таблице 12. На основании анализа этих опасных факторов предложены технологические решения по обеспечению пожарной безопасности, представленные в таблице 13.

Для того, чтобы обеспечить защиту персонала и имущества предприятия от возможного пожара, предусмотрены мероприятия, перечисленные в таблице 14.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производства

Осуществление проектного технологического процесса приводит к возникновению не только опасных и вредных производственных факторов, но и значительно ухудшает экологическую обстановку из-за отрицательного воздействия на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В ходе выполнения настоящего раздела необходимо провести идентификацию вредных экологических факторов, которые возникают при реализации проектной технологии согласно таблице 15.

Таблица 15 – Негативные факторы, влияющие на окружающую среду, возникающие при реализации проектного технологического процесса

Наименование технологического процесса	Перечень операций технологического процесса	Негативные факторы, влияющие		
		на атмосферу	на гидросферу	на литосферу
Ремонтная сварка трубопровода	- подготовка - разделка кромок - сварка - контроль качества	выделение в атмосферу частиц и газов при работе технологического оборудования	попадание в воду машинного масла	загрязнение литосферы бытовым мусором, частицами упаковки, отходами производства

Таблица 16 – Технологические и организационные мероприятия по защите окружающей среды от выявленных вредных экологических факторов

Наименование технического объекта	Участок ремонтной сварки трубопровода
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на атмосферу	Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на гидросферу	Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять
Мероприятия по устранению вредных экологических факторов на литосферу	На участке выполнения сварки необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора.

По результатам идентификации вредных экологических факторов, действующих на атмосферу, гидросферу и литосферу, необходимо предложить мероприятия по защите от них, представленные в таблице 16.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы предусматривает проведение поиска и анализа опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектной технологии сборки и сварки трубопровода.

В проектной технологии применяется технология с применением механизированной сварки в защитных газах, внедрение которой в производство изменило технологический процесс. Анализ этого процесса позволил идентифицировать опасные и вредные факторы, выделить особенности их влияния на персонал и окружающую среду. По результатам проведённых работ предложены технологические и организационные мероприятия, позволяющие устранить негативное действие выявленных опасных и вредных производственных факторов.

Также в разделе предложены мероприятия по защите рабочего персонала и предприятия от возникающих пожаров, что выполнено путём идентификации опасных факторов пожара и назначения способов устранения этих факторов. Предложены стандартные средства и мероприятия по устранению опасности возникновения пожара и тушению пожара, если он произошёл.

При оценке экологичности проектного технологического процесса рассмотрены отрицательные воздействия результатов проведения процесса на окружающую среду – атмосферу, гидросферу и литосферу. Предложенные в разделе мероприятия позволяют выполнить экологические требования, предъявляемые предприятию со стороны природоохранных организаций.

Установлено, что устранение опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих осуществление проектного технологического процесса, может быть осуществлено с применением стандартных средств и методик защиты.

4 Экономическое обоснование предлагаемых решений

4.1 Исходные данные для проведения экономических расчётов

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных операций при ремонтной сварке магистральных трубопроводов.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Во-первых, ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов. Во-вторых, недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла. В-третьих, следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. Четвёртым недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

Составлена проектная технология ремонтной сварки магистрального газопровода, выбраны параметры режима сварки, необходимое оборудование и составлена последовательность выполнения операций:

- первая операция - подготовка кромок,
- вторая операция - сборка,
- третья операция - предварительный подогрев,
- четвёртая операция - сварка,
- пятая операция контроль качества.

Также необходимо провести экономические расчёты, доказывающие эффективность внедрения результатов выпускной квалификационной работы в массовое производство [9].

Таблица 17 – Данные по базовой и проектной технологиям для выполнения экономических расчётов

Наименование параметра экономической характеристики	Условное обозначение в расчётах	Единица измерения	Значение параметра экономической характеристики	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	150	150
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$C_{об}$	руб.	80 тыс.	250 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	8	10
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/кВт	3,02	3,02
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	20	20
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [9]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

В таблицу 17 сведены данные по базовому и проектному вариантам технологии, которые позволят провести экономические расчёты и обосновать применение предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений.

В ходе расчётов следует провести оценку фонда времени работы оборудования, заводской себестоимости по базовому и проектному вариантам, рассчитать капитальные затраты и экономические показатели.

На основании данных в таблице 17 рассчитаем экономические показатели для базового и проектного варианта технологического процесса.

4.2 Оценка фонда времени работы технологического оборудования

При осуществлении проектного и базового варианта технологического процесса затрачивается время, в течение которого эксплуатируется технологическое оборудование и выполняет свои функции рабочий персонал, получающий заработную плату. Также фонд времени работы оборудования будет влиять на величину расходов на производственные площади и амортизацию оборудования.

Базовый и проектный вариант технологии предусматривает расходование одинакового фонда времени, который и рассчитаем в настоящем разделе. Суммарное количество в календарном году рабочих дней задаётся как $D_p = 277$ дней. В рабочие дни продолжительность смены составляет $T_{см} = 8$ часов. В предпраздничные дни продолжительность рабочей смены уменьшается на один час. В настоящей выпускной квалификационной работе количество рабочих смен по базовому и проектному вариантам технологии составляет $K_{см} = 1$. С учётом вышеперечисленных данных выполним расчёт фонда времени по формуле:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_n \cdot T_n) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $F_n = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ ч.

При расчётах следует запланировать потери рабочего времени, которые составляют $B = 7\%$, таким образом, эффективный фонд рабочего времени уменьшится на 7%:

$$F_э = F_n(1 - B/100). \quad (2)$$

После подстановки получаем: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ ч.

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время по проектному и базовому вариантам технологии определяет расходование фонда времени работы оборудования на одно изделие. Значение штучного времени для вариантов технологии задаём с использованием нормирования труда и данных технологических карт.

Штучное время включает в себя затраты времени на выполнение основных технологических операций (машинное время $t_{\text{маш}}$), выполнение вспомогательных операций технологического процесса (вспомогательное время $t_{\text{всп}}$), обслуживание рабочего места и оборудования (время обслуживания $t_{\text{обсл}}$), личный отдых работников (время отдыха $t_{\text{отд}}$), подготовку и окончание работы (подготовительно-заключительное время $t_{\text{п-з}}$):

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{МАШ}} + t_{\text{ВСП}} + t_{\text{ОБСЛ}} + t_{\text{ОТД}} + t_{\text{П-З}}. \quad (3)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$t_{\text{шт.баз}} = 6,6 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 2,5 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 3 \text{ ч.}$$

Расчёт годовой программы выпуска изделий проводим в соответствии с рассчитанными ранее фондом времени работы оборудования и штучного времени для проектного и базового вариантов технологического процесса:

$$Пг = F_{\text{э}} / t_{\text{шт}}. \quad (4)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Пг_{\text{.баз.}} = 2054/8 = 256 \text{ за год;}$$

$$Пг_{\text{.проектн.}} = 2054/3 = 668 \text{ за год.}$$

Дальнейшие экономические расчёты проводим исходя из годовой программы для базового и проектного вариантов технологии Пг = 200 стыков за год.

Расчёт необходимого количества технологического оборудования выполним с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{вн} = 1,03$:

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_г / (F_э \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$n_{расч. б.} = 8 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,76;$$

$$n_{расч. пр.} = 3 \cdot 200 / (2054 \cdot 1,03) = 0,28.$$

Для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии принимаем количество оборудования $n=1$. Далее выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Kзб = 0,76/1 = 0,76;$$

$$Kзп = 0,28/1 = 0,28.$$

4.4 Расчёт заводской себестоимости вариантов технологии

Выполнение сварки предполагает расходование материалов, к которым следует отнести в базовом варианте технологии – штучные электроды для ручной дуговой сварки, а в проектном варианте технологии – сварочную проволоку и защитный газ. Затраты на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов $Ц_m$ и коэффициента $K_{тз}$ транспортно-заготовительных расходов по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{m-3}. \quad (7)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$M_{\text{баз.}} = 400 \cdot 5 \cdot 1,05 = 2100 \text{ руб.};$$

$$M_{\text{баз.}} = (200 \cdot 4 + 7,5 \cdot 300) \cdot 1,05 = 3203 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ рассчитывается с учётом ранее определённого штучного времени $t_{\text{шт}}$ и часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ с учётом коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат к заработной плате:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 8 \cdot 150 \cdot 1,88 = 2256 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 3 \cdot 150 \cdot 1,88 = 846 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ рассчитывается с учётом коэффициента дополнительных доплат $K_{\text{доп}}$ по ранее определённому значению основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{доп}} / 100. \quad (9)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 2256 \cdot 12 / 100 = 271 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 846 \cdot 12 / 100 = 102 \text{ руб.}$$

Размер фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ [10] по формуле:

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 2256 + 271 = 2527 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 846 + 102 = 948 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды $O_{сн}$ «рассчитываются исходя из ранее определённого объёма фонда заработной платы по проектному и базовому вариантам технологии с учётом коэффициента $K_{сн}$ отчислений на социальные нужды» [10] с расчётом по формуле:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100. \quad (10)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$O_{сн\text{ баз.}} = 2527 \cdot 34 / 100 = 859 \text{ руб.}$$

$$O_{сн\text{ проектн.}} = 948 \cdot 34 / 100 = 322 \text{ руб.}$$

Для вычисления затрат на оборудование $Z_{об}$ необходимо определить амортизационные отчисления $A_{об}$ и затраты на электрическую энергию $P_{ээ}$:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (11)$$

Амортизационные отчисления рассчитываются исходя из нормы амортизации H_a , эффективного фонда времени $F_э$, цены оборудования $C_{об}$ и машинного времени $t_{маш}$ с использованием формулы:

$$A_{об} = \frac{C_{об} \cdot H_a \cdot t_{маш}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$A_{об. баз.} = 80000 \cdot 21,5 \cdot 8 / 2054 / 100 = 67 \text{ руб.},$$

$$A_{об. пр.} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 3 / 2054 / 100 = 79 \text{ руб.}$$

Расчётное значение затрат на электрическую энергию, которая будет затрачиваться при выполнении операций базового и проектного технологического процесса, может быть выполнено с учётом цены электрической энергии $C_{ээ}$, установленной мощности оборудования $M_{уст}$ и коэффициента полезного действия КПД оборудования с использованием формулы:

$$P_{\text{ээ}} = M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маши}} \cdot Ц_{\text{ээ}} / КПД. \quad (13)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$P_{\text{ээ баз}} = 8 \cdot 8 \cdot 3,02 / 0,7 = 276 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{ээ пр}} = 10 \cdot 3 \cdot 3,02 / 0,85 = 107 \text{ руб.}$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$З_{\text{об баз.}} = 67 + 276 = 343 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{об проектн.}} = 79 + 107 = 186 \text{ руб.}$$

«Вычисление технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проводим по ранее определённым затратам на фонд заработной платы ФЗП, материалы M , оборудование $З_{\text{об}}$ и отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ » [10]:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + O_{\text{сс}} + З_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 2100 + 2527 + 859 + 343 = 5829 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 3203 + 948 + 322 + 186 = 4659 \text{ руб.}$$

Расчёт размеров цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ проведём с учётом ранее определённого значения технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $З_{\text{осн}}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + З_{\text{осн}} \cdot K_{\text{цех}}. \quad (15)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 5829 + 1,5 \cdot 2256 = 5829 + 3384 = 9213 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 4659 + 1,5 \cdot 846 = 4659 + 1269 = 5928 \text{ руб.}$$

Величину заводской себестоимости $C_{зав}$ рассчитаем с учётом ранее определённого значения цеховой себестоимости $C_{цех}$, основной заработной платы $Z_{осн}$ и принятого из таблицы исходных данных коэффициента заводских расходов $K_{цех}$:

$$C_{зав} = C_{цех} + Z_{осн} \cdot K_{зав}. \quad (16)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$C_{ЗАВБаз.} = 9213 + 1,15 \cdot 2256 = 9213 + 2594 = 11807 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 5928 + 1,15 \cdot 846 = 5928 + 972 = 6900 \text{ руб.}$$

Сводные данные, которые используются для расчёта заводской себестоимости по проектному и базовому вариантам технологии, представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Исходные данные и расчёт заводской себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Обозначение	Баз. процесс	Проектн. процесс
1. «Затраты на материалы	М	2100	3203
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	2527	948
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	859	322
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	343	186
5. Величина технологической себестоимости	Стех	5829	4659
6. Объём цеховых расходов	Рцех	3384	1269
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	9213	5928
8. Объём заводских расходов	Рзав	2594	972
9. Величина заводской себестоимости»	$C_{ЗАВ}$	11807	6900» [9]

На основании данных в таблице 18 можно выполнить предварительную оценку эффективности предлагаемых технологических решений. Проектная технология характеризуется меньшими по сравнению с базовым вариантом технологической себестоимостью, цеховой себестоимостью и заводской себестоимостью.

4.5 Оценка капитальных затрат по базовой и проектной технологиям

Вычисление капитальных затрат $K_{\text{общ. б.}}$ при реализации базового варианта технологии выполняем с использованием ранее рассчитанного коэффициента загрузки оборудования $K_{з. б.}$ и стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, которые были определены для базового варианта технологии:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{з.б.} \quad (17)$$

Расчёт остаточной стоимости оборудования, которое применялось для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, проводим с учётом срока его службы T_c , рыночной стоимости оборудования $\Pi_{\text{перв}}$ и нормы амортизации N_a по формуле:

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{ПЕРВ.}} - (\Pi_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_a / 100). \quad (18)$$

По результатам подстановки значений параметров из таблицы исходных данных имеем:

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 80000 - (80000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 28400 \text{ руб.};$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 28400 \cdot 0,76 = 21584 \text{ руб.}$$

Размер капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ на осуществление технологии по проектному варианту определяется с учётом затрат на производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{пл. пр.}} + K_{\text{соп.}} \quad (19)$$

Величина капитальных вложений в оборудование $K_{\text{об. пр.}}$ рассчитывается по цене оборудования $\Pi_{\text{об. пр.}}$ с учётом коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$:

$$K_{\text{об. пр.}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп} \quad (20)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $K_{об.пр} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 73500$ руб.

Величина сопутствующих капитальных затрат $K_{соп}$ при реализации проектной технологии может быть рассчитана с учётом расходов $K_{монт}$ на монтаж оборудования для выполнения операций по проектной технологии и расходов $K_{дем}$ на демонтаж оборудования для выполнения операций по базовой технологии:

$$K_{соп} = K_{дем} + K_{монт}. \quad (21)$$

Величина затрат на демонтаж $K_{дем}$ и монтаж $K_{монт}$ оборудования вычисляется с учётом стоимости оборудования по базовому и проектному вариантам технологии из таблицы исходных значений:

$$K_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д}, \quad (22)$$

$$K_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м}. \quad (23)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{дем} = 1 \cdot 80000 \cdot 0,05 = 4000 \text{ руб.};$$

$$K_{монт} = 250000 \cdot 0,05 = 12500 \text{ руб.};$$

$$K_{соп} = 4000 + 12500 = 16500 \text{ руб.};$$

$$K_{общ.пр.} = 73500 + 16500 = 90000 \text{ руб.}$$

Величину дополнительных капитальных затрат, которые предусмотрены на организацию производства по проектному варианту технологии вычисляем как:

$$K_{доп} = K_{общ.пр} - K_{общ.б.} \quad (24)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $K_{доп} = 90000 - 73500 = 16500$ руб.

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$ для базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитываем с учётом величины годовой программы Π_r как:

$$K_{уд} = K_{общ} / \Pi_r. \quad (25)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$K_{удБаз.} = 73500/200 = 368 \text{ руб./ед.};$$

$$K_{удПроектн.} = 90000/200 = 450 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчёт показателей экономической эффективности

Снижение трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса вычисляется по штучному времени по базовому варианту технологии $t_{шт.б.}$ и штучному времени по проектному варианту технологии $t_{шт.пр.}$:

$$\Delta t_{шт.} = (t_{шт.б.} - t_{шт.пр.}) \cdot 100 \% / t_{шт.б.} \quad (26)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Delta t_{шт.} = (8 - 3) \cdot 100 \% / 8 = 63 \%$.

Повышение производительности труда Π_r , которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по рассчитанному ранее снижению трудоёмкости $\Delta t_{шт.}$:

$$\Pi_r = 100 \cdot \Delta t_{шт.} / (100 - \Delta t_{шт.}) \quad (27)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Pi_r = (100 \cdot 63) / (100 - 63) = 233 \%$.

Снижение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$, которое получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется по ранее определённым технологической себестоимости базового и проектного вариантов:

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} \quad (28)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\Delta C_{\text{тех}} = (5829 - 4659) \cdot 100\% / 5829 = 20\%$.

Условно-годовая экономия (ожидаемая прибыль) рассчитывается согласно:

$$Pr_{\text{ож}} = \mathcal{E}_{\text{уг}} = (C_{\text{зав. баз}} - C_{\text{зав. пр}}) \cdot \Pi_2 \quad (29)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (11807 - 6900) \cdot 200 = 981400$ руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем как:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{дон}} / \mathcal{E}_{\text{уг}} \quad (30)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем:

$$T_{\text{ок}} = 90000 / 981400 = 0,1 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_г$, который получается при реализации проектного технологического процесса, вычисляется как

$$\mathcal{E}_г = \mathcal{E}_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{дон}} \quad (31)$$

После подстановки значений параметров из таблицы исходных данных получаем: $\mathcal{E}_г = 981400 - 0,33 \cdot 90000 = 951700$ руб.

Выводы по экономическому разделу

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных операций при ремонтной сварке магистральных трубопроводов.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Во-первых, ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов. Во-вторых, недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла. В-третьих, следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. Четвёртым недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

Составлена проектная технология ремонтной сварки магистрального газопровода, выбраны параметры режима сварки, необходимое оборудование и составлена последовательность выполнения операций

В ходе проведения экономических расчётов установлено, что трудоёмкость выполнения операций технологического процесса уменьшилась на 63 %, а производительность труда увеличилась 233 %. За счёт снижения сопутствующих расходов и расходов на заработную плату технологическая себестоимость уменьшается на 20 %. Условно-годовая экономия при реализации проектного варианта технологии составляет 0,98 млн. рублей.

Годовой экономический эффект с учётом капитальных вложений составляет 0,65 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,1 года.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества при ремонте магистрального газопровода диаметром 720 мм.

Применяемая в базовой технологии сварка штучными электродами обладает рядом недостатков. Во-первых, ручная дуговая сварка характеризуется малой производительностью, поскольку в настоящее время ручная дуговая сварка исчерпала возможности повышения производительности за счёт корректировки параметров режима и назначения оптимальных сварочных материалов. Во-вторых, недостаточная стабильность качества ремонтной сварки, обусловленная пористостью, непроварами и возникновением трещин из-за перегрева основного металла. В-третьих, следует отметить тяжёлые условия труда сварщика, обусловленные вредностью сварочного аэрозоля, образующегося при горении сварочных электродов. Четвёртым недостатком является увеличенные потери сварочных электродов из-за разбрызгивания и огарков.

Решена задача обоснования выбора способа ремонтной сварки, что сделано на основании анализа преимуществ и недостатков каждого способа с использованием современных источников научно-технической информации. На основании анализа литературных данных предложено использовать механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Составлена проектная технология ремонтной сварки магистрального газопровода, выбраны параметры режима сварки, необходимое оборудование и составлена последовательность выполнения операций:

- первая операция - подготовка кромок,
- вторая операция - сборка,
- третья операция - предварительный подогрев,
- четвёртая операция - сварка,

– пятая операция контроль качества.

На основании анализа источников научно-технической информации, найденных в сети ИНТЕРНЕТ с использованием поисковой системы GOOGLE, баз данных «Киберленинка», «Диссернет» рассмотрены повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. Предложено применить сварку с импульсным управлением дугой. Ожидаемое повышение производительности в два раза и улучшение внешнего вида за счёт устранения разбрызгивания произойдёт при применении источника питания Invertec STT-II.

Изучение особенностей технологического процесса автоматической сборки и сварки изделия позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы.

Внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 0,65 млн. рублей. Затраты на внедрение проектной технологии окупятся за 0,1 года.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель достигнутой.

Результаты выпускной квалификационной работы предлагается применить при составлении технологии сварки магистральных трубопроводов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин Н. П., Щербинский В. Г. Контроль качества сварочных работ. М. : Высшая школа, 1986. 207 с.
2. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки : справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
3. Бут В. С., Олейник О. И. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации // Автоматическая сварка. 2014. № 5. С. 42–50.
4. Варламов Д. П., Дедешко В. Н., Канайкин В. А., Стеклов О. И. Повышение надежности магистральных газопроводов при использовании многократной внутритрубной дефектоскопии // Автоматическая сварка. 2012. № 3. С. 28–34.
5. Волченко В. Н. Контроль качества сварных конструкций. М. : Машиностроение, 1986. 152 с.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Егоров А. Г., Виткалов В. Г., Уполовникова Г. Н., Живоглядова И. А. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие. Тольятти: ТГУ, 2012. 135 с.
8. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы. 2016. № 4. С. 18–23.
9. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
10. Порядок технической инвентаризации, учета и использования труб, демонтированных при капитальном ремонте и реконструкции магистральных газопроводов ОАО «Газпром» (утвержден ОАО «Газпром» 07.03.2006 г.).

11. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.
12. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К. : ЭкоТехнолопя, 2007. 192 с.
13. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 60–64.
14. Сварка в машиностроении : справочник в 4-х т. / ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. М. : Машиностроение, 1978. Том 2. / под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.
15. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.
16. СТО Газпром 2-2.3-231-2008 Правила производства работ при капитальном ремонте линейной части магистральных газопроводов ОАО «Газпром» (утвержден ОАО «Газпром» 04.04.2008 г.)
17. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.
18. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.
19. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.
20. Wilson D. V., Tromans T. K. Effect of strain aging on fatigue damage in low-carbon steel // Acta Metallurgica. 1970. vol. 18. P. 1197–1208.