

Аннотация

Российская Федерация является обладателем самой большой и разветвлённой сети магистральных трубопроводов, по которым осуществляется перекачка углеводородов. Проведение капитального ремонта трубопровода требует значительных материальных и трудовых затрат. Зачастую требуется провести срочный ремонт отдельных критических дефектов, которые не могут дожидаться времени проведения капитального ремонта. В этом случае ремонт трубопровода выполняется с применением временных муфт, которые позволяют продлить срок активной эксплуатации трубопровода.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при ремонте магистральных трубопроводов временными муфтами.

В ходе выполнения работы решены следующие задачи:

- выполнить обоснованный выбор способа сварки рассматриваемой ремонтной конструкции;

- составить проектную технологию сварки (выбрать сварочные материалы назначить оптимальные параметры режима, выбрать сварочное оборудование, требования к выполнению технологических операций).

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения и предложить меры по повышению его эффективности. Была составлена проектная технология ремонтной сварки, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,482 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,1 года.

Содержание

Введение	5
1 Анализ состояния ремонтной сварки магистральных трубопроводов при помощи временных муфт	7
1.1 Сведения о ремонтируемом трубопроводе	7
1.2 Сведения о материале обслуживаемого магистрального нефтепровода	10
1.3 Описание операций базового технологического процесса установки ремонтной муфты	13
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	21
2 Проектная технология ремонтной сварки нефтепровода	23
2.1 Обоснование выбора способа сварки	23
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах	27
2.3 Операции проектного технологического процесса ремонтной сварки магистрального трубопровода	29
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	35
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Идентификация профессиональных рисков	36
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	38
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	39
3.5 Обеспечение экологической безопасности	41
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии	44
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	44
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	46
4.3 Расчет штучного времени	47

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	49
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	53
4.6 Показатели экономической эффективности.	56
Заключение	59
Список используемой литературы и используемых источников	60

Введение

Российская Федерация является обладателем самой большой и разветвлённой сети магистральных трубопроводов, по которым осуществляется перекачка углеводородов. Стабильная поставка энергоресурсов отвечает за надёжность работы инфраструктуры внутри страны и наших зарубежных партнёров. Значительная часть трубопроводного транспорта была построена во второй половине прошлого века и существенно изношена.

Приблизительно 30 % аварий возникает на трубопроводах, строительство которых было завершено в 90-е года прошлого века. Причинами аварий являются множественные дефекты, которые получились из-за недоработки исполнительной и проектной документации, а также допущенных нарушений при строительстве. По причине концентраторов напряжений (задиры, риски, вмятины, накладки и пр.) возникает порядка 7 % отказов трубопроводов. Ещё 1,5...2 % отказов приходится на дефекты сварного шва типа неметаллических включений [2], [3].

Работоспособность длительно эксплуатируемых магистральных трубопроводов обеспечивается систематической диагностикой их состояния и проведением ремонтных работ. Эти работы, как правило, выполняются на протяжённом участке, длина которого превышает 30 км. Проведение ремонта предполагает полную диагностику состояния участка трубопровода, проведение его переукладки и переизоляции [3]. Проведение капитального ремонта трубопровода требует значительных материальных и трудовых затрат. Зачастую требуется провести срочный ремонт отдельных критических дефектов, которые не могут дожидаться времени проведения капитального ремонта. В этом случае ремонт трубопровода выполняется с применением временных муфт, которые позволяют продлить срок активной эксплуатации трубопровода [5], [21].

Применение муфтных технологий позволяет регламентируется рядом нормативных документов [4], [12], [13], [14].

В настоящее время применяется значительное число типов и конструкций ремонтных муфт, выбор которых происходит с учётом особенностей эксплуатации трубопровода, исправляемых дефектов и стоимости самой ремонтной конструкции [26]. Оптимальным соотношением стоимости и эксплуатационных свойств обладают стальные муфты, которые позволяют не только устранить дефект трубопровода, но и значительно снизить нагрузку на дефектный участок [25].

Несмотря на давнишнее применение временных приварных муфт для ремонта магистральных нефтепроводов и газопроводов эта технология продолжает совершенствоваться. До сих пор не получено эффективного решения проблем допустимости зазоров при установке муфты, устранения влияния геометрических несовершенств ремонтной конструкции, повышения производительности ремонтных работ и учёта изменения свойств металла трубопровода вокруг дефекта при длительной эксплуатации. Также не предложено методики выбора оптимального положения ремонтной муфты на трубопроводе, которое позволило бы максимально разгрузить дефектный участок [25].

Таким образом, следует признать актуальным поиск технических решений, повышающих эффективность ремонта магистральных трубопроводов с применением муфтных технологий.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сварочных работ при ремонте магистральных трубопроводов временными муфтами.

1 Анализ состояния ремонтной сварки магистральных трубопроводов при помощи временных муфт

1.1 Сведения о ремонтируемом трубопроводе

Рассматриваемый магистральный трубопровод проходит по юго-восточной части Западно-Сибирской низменности по территории Томской области. Трасса проходит по территории, на которой преобладает тайга с хвойными породами деревьев: лиственница, ель, пихта, сосна, кедр. Обслуживание участка трубопровода осуществляет РНУ «Парабель». Транспортируемая по магистральному трубопроводу среда – нефть. Диаметр основной нитки трубопровода – 1220 мм, диаметр резервной нитки трубопровода – 1020 мм. Рабочее давление транспортируемой среды – 45 кгс/см².

В ходе проведения внутритрубной диагностики на участках трубопровода выявлены недопустимые дефекты:

- потери металла, представленные на рисунке 1-а;
- риски, представленные на рисунке 1-б;
- вмятины, представленные на рисунке 1-в;
- гофры, представленные на рисунке 1-г;
- изъяны сварных швов, представленные на рисунке 1-д.

Согласно нормативной документации [4], [12], [13], [14] при капитальном ремонте магистральных нефтепроводов могут применяться три метода. Первый метод предполагает ремонт нефтепровода переизоляцией. Второй метод предполагает замену участка нефтепровода на участок из новых труб с демонтажом старого участка. Третий метод предполагает проведение выборочного ремонта локальных участков нефтепровода.

На основании анализа выявленных дефектов принято решение устранять дефекты с использованием приварных ремонтных конструкций –

временных муфт, которые позволят продолжить эксплуатацию нефтепровода вплоть до проведения его капитального ремонта.

Принимаемые меры по обеспечению безопасности позволяют существенно уменьшить количество аварий на обслуживаемом магистральном нефтепроводе.



а) потери металла; б) риски; в) вмятины; г) гофры; д) изъяны сварных швов

Рисунок 1 – Недопустимые дефекты магистрального нефтепровода

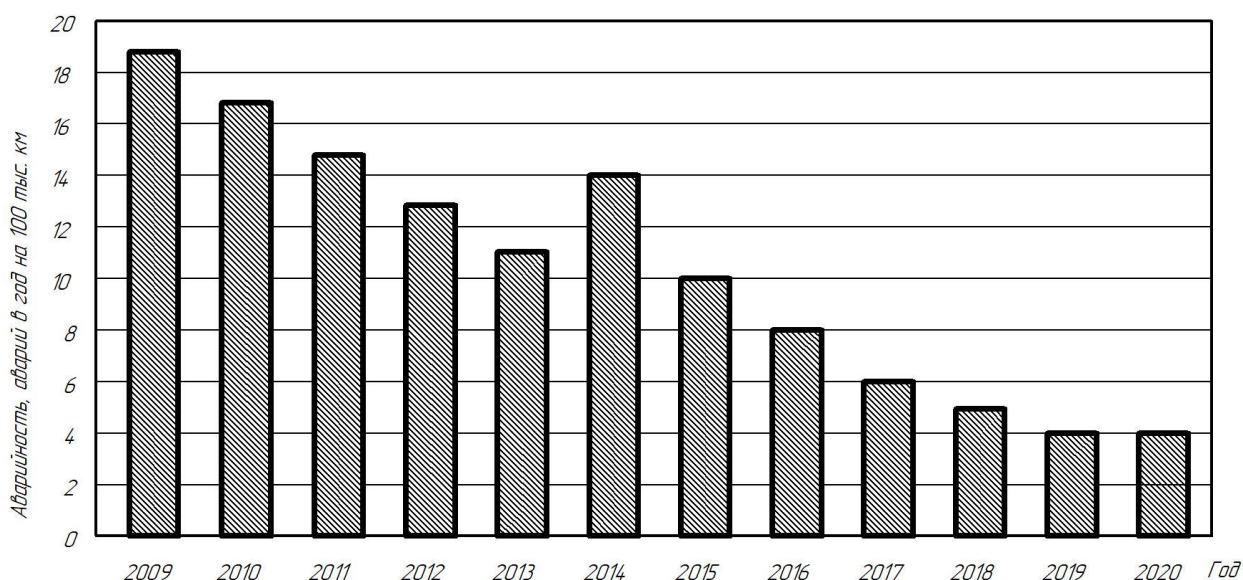


Рисунок 2 – Аварийность на магистральных трубопроводах России [19]

Значительное число аварий на магистральных нефтепроводах Российской Федерации связано с ненадлежащим качеством выполнения работ [8], [19]. На брак строительного-монтажных работ приходится порядка 14 % отказов. Ещё порядка 8...9 % приходится на внутриводской брак используемой для строительства трубопровода трубы. Поскольку работа магистральных трубопроводов в России происходит в неблагоприятных внешних условиях, велико число аварий по причине коррозионного разрушения труб, которое составляет порядка 50 %.

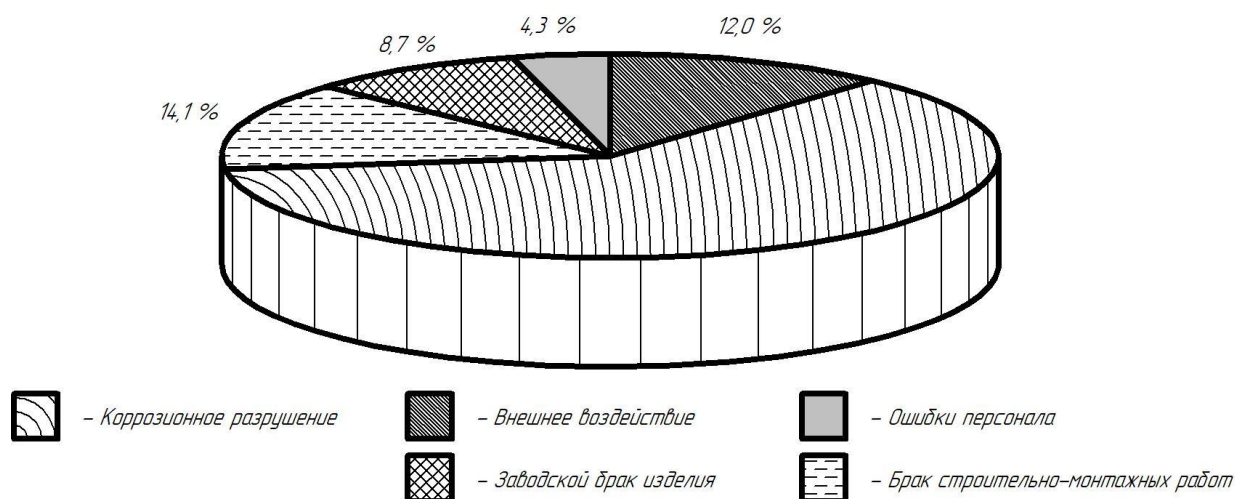


Рисунок 3 – Классификация причин аварий на магистральных нефтепроводах [8], [19]

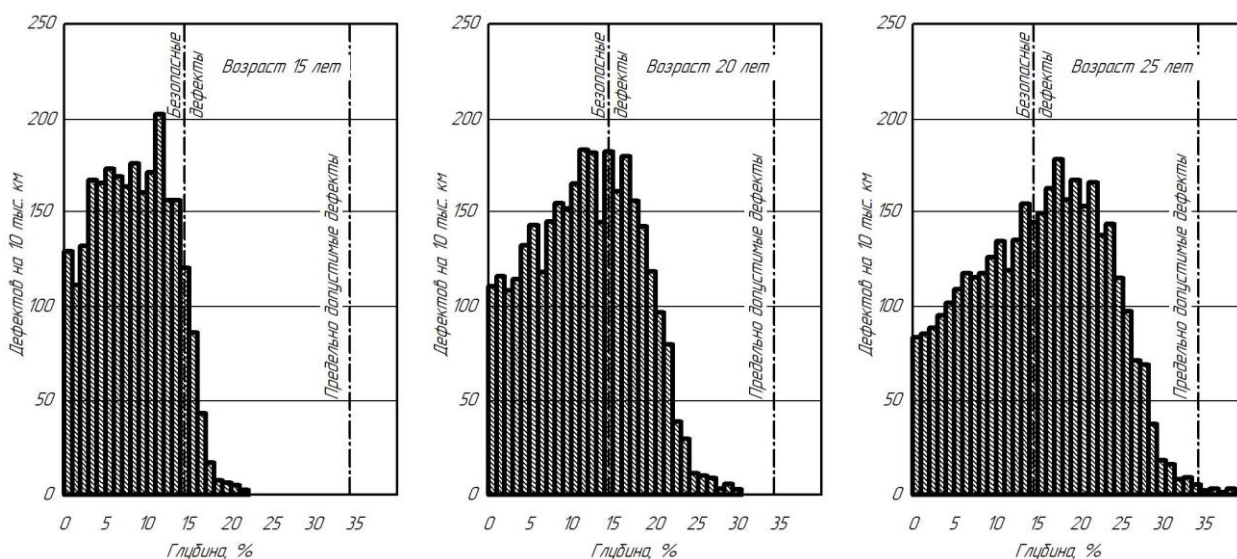


Рисунок 4 – Образование и развитие дефектов на длительно эксплуатируемых магистральных трубопроводах

Приведенная на рисунке 4 динамика дефектности на магистральных трубопроводах позволяет наглядно представить, что длительная эксплуатация трубопровода приводит к увеличению количества дефектов и их выход за допустимые пределы [24], [27].

1.2 Сведения о материале обслуживаемого магистрального нефтепровода

Трубы для изготовления магистрального нефтепровода выполнены из стали 17Г1С-У класса прочности К52 согласно ГОСТ 20295, химический состав стали представлен в таблице 1.

Сталь 17Г1С применяется в металлических конструкциях, работа которых происходит при температурах от -40 до +475 °С. Эта сталь применяется для изготовления трубопроводов пара и горячей воды, рабочее давление которых не превышает 2,2 МПа, а расчетная температура не превышает 350 °С. Также эта сталь применяется при изготовлении фасонных элементов, тройников, линейных частей трубопроводов – прямошовных труб прочностью К52. Трубы из стали 17Г1С применяются для строительства магистральных газопроводов и нефтепроводов.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 17Г1С [16, 17]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0,15 - 0,2	0,4 - 0,6	1,15 - 1,6	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,008	до 0,3	до 0,08

Длительная эксплуатация металлических изделий, изготовленных с применением дугой сварки из стали 17Г1С приводит к возникновению очагов механического разрушения [23]. Это в основном относится к сварным соединениям, полученным с применением классической сварки стационарной дугой. Применение импульсных режимов позволяет обеспечить регулируемое вложение тепла в зону сварки и сформировать требуемую структуру зоны термического влияния и металла шва [17].

Исследования [27] показали, что сталь 17Г1С склонна к коррозионному растрескиванию, как показано на рисунке 5. При этом направление трещин – перпендикулярно растягивающему напряжению, сами трещины распространяются далеко вглубь металла и имеют ветвистую структуру с тонкими концами.

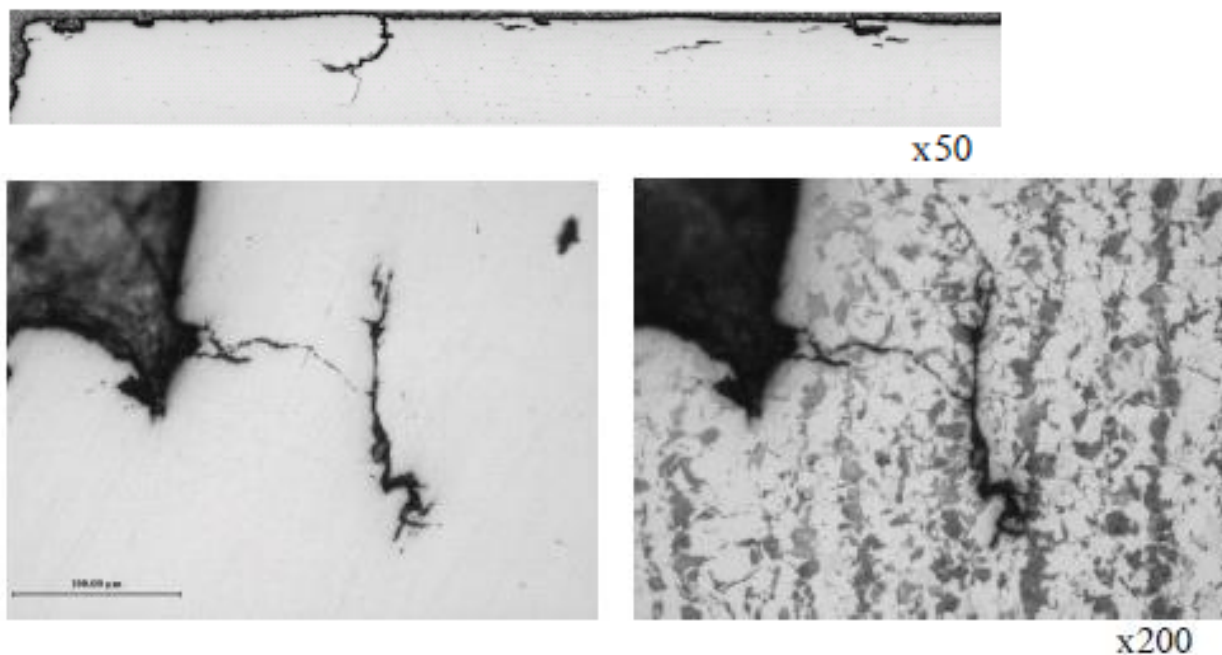


Рисунок 5 – Микрофотография трещин при испытаниях образцов из стали 17Г1С-У на коррозионное растрескивание по методу NACE TM 0177 при $\sigma=0,9\sigma_{0,2}$

При сварке стали 17Г1С в сварном шве формируется ферритно-перлитная структура. Применение импульсного режима сварки позволяет уменьшить размер зёрен в 1,3...1,8 раза [17], [23]. При этом импульсный режим позволяет обеспечить более дисперсную структуру сварного шва. Структура зоны термического влияния при импульсной сварке также существенно отличается в лучшую сторону, как показано на рисунке 7.

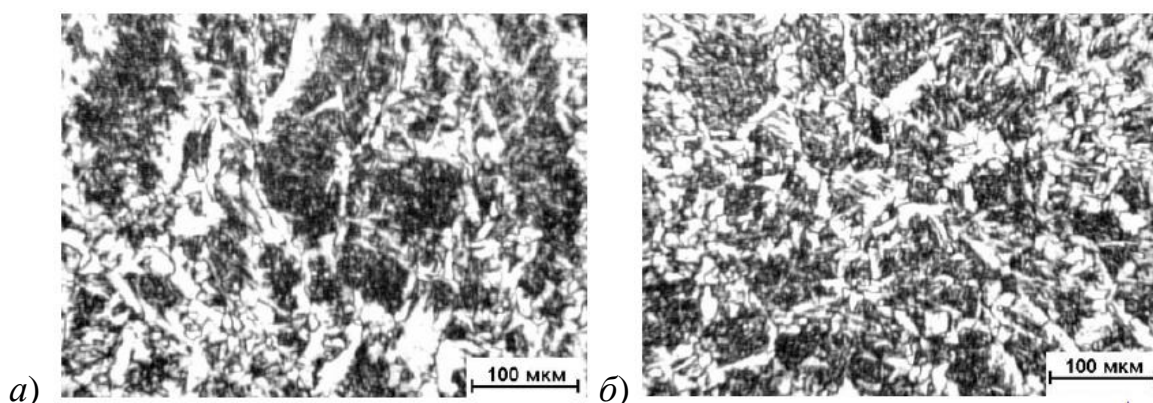


Рисунок 6 – Структура металла сварного шва стали 17Г1С-У при сварке стационарной дугой (а) и импульсной дугой (б)

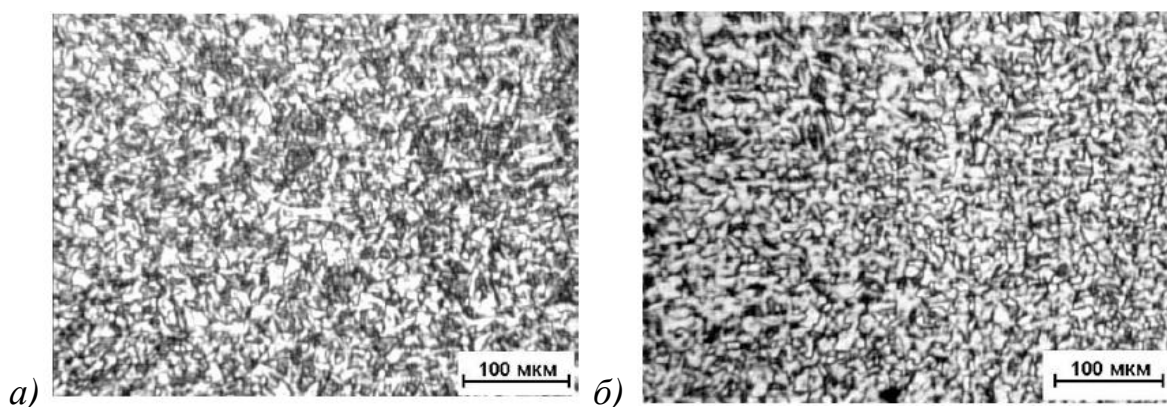


Рисунок 7 – Структура зоны термического влияния стали 17Г1С-У при сварке стационарной дугой (а) и импульсной дугой (б)

Исследования циклической прочности сварных соединений из стали 17Г1С, выполненных с применением стационарной дуги и импульсной дуги [23] показали, что усталостная прочность образцов, выполненных с применением импульсной сварки, превышает усталостную прочность образцов при использовании стационарной дуги.

1.3 Описание операций базового технологического процесса установки ремонтной муфты

Установка ремонтных муфт является наиболее экономичным и производительным методом ремонта магистральных трубопроводов, массово применяемым в настоящее время [15]. Применение ремонтной муфты позволяет продлить срок службы ремонтируемого участка на 30 лет и более. При ремонте магистральных трубопроводов применяются различные конструкции, классификация которых представлена на рисунке 8.

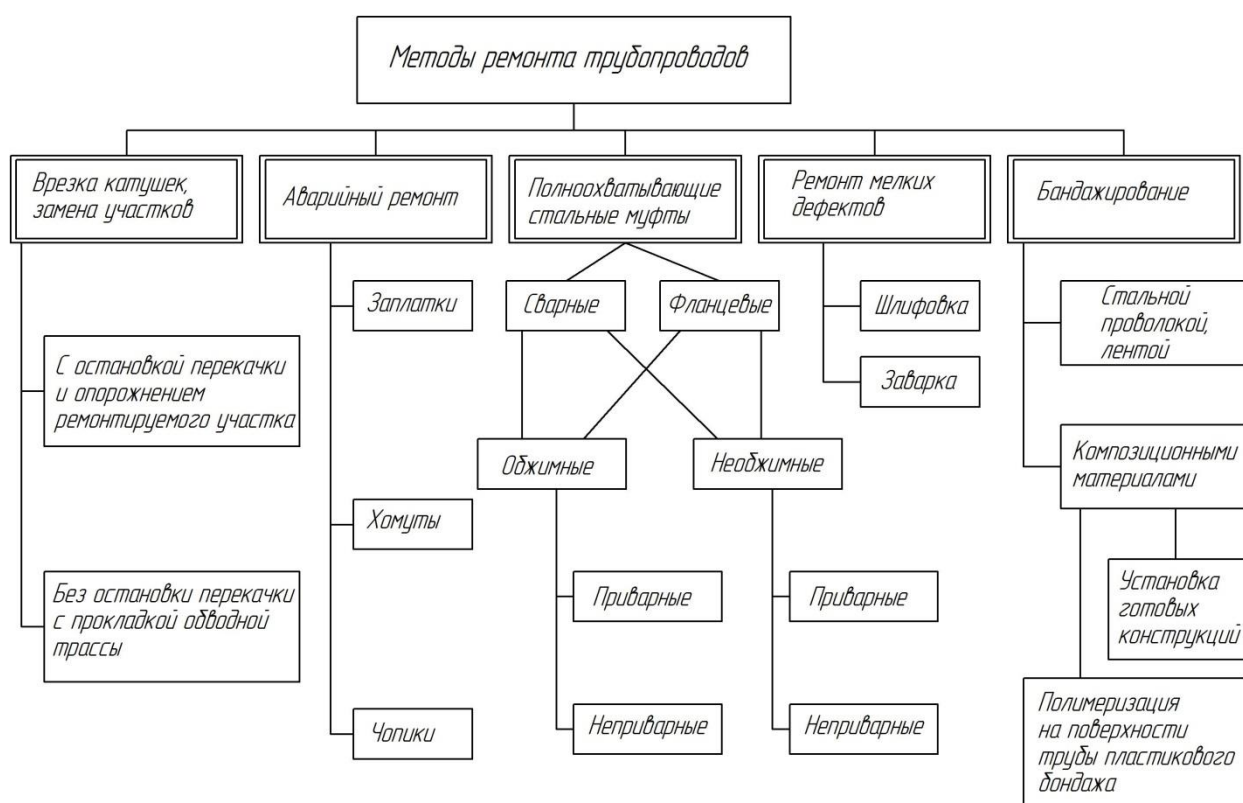


Рисунок 8 – Классификация ремонтных конструкций при ремонте магистральных трубопроводов

Ремонт линейной части магистрального нефтепровода проводим в соответствии с РД 23.040.00-КТН-090-07 [13] и РД-75.180.00-КТН-193-08 [15]. При ремонте применяют временную композитную муфту конструкции П1. Эта муфта имеет самое простое исполнение, как на рисунке 9, установка

которой на трубе происходит с технологическим зазором. Муфта состоит из двух полумуфт, которые свариваются между собой продольными швами. Установка полумуфт на дефектном участке трубы выполняется с зазором не менее 6 мм, далее выполняют герметизацию торцев муфты с применением быстротвердеющего герметика. После затвердевания герметика зазор между трубой и муфтой заполняют эпоксидным компанаудом. Полумуфты снабжены установочными болтами, которые позволяют регулировать зазор между трубой и полумуфтой, а также выполняют функции опор при установке полумуфт на трубу. Подачу кополитного компанауда осуществляют через входной штуцер на нижней полумуфте. Стравливание воздуха и контроль заполнения ремонтного пространства проводят при помощи выходного штуцера на верхней полумуфте.

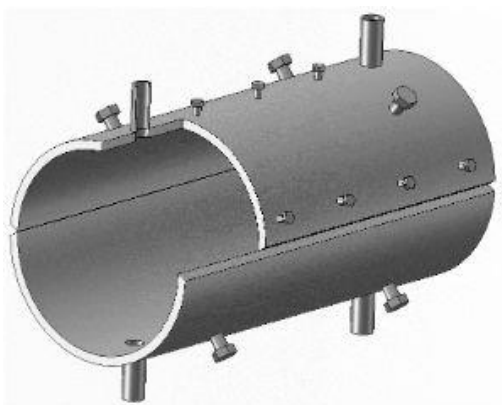


Рисунок 9 – Ремонтная муфта П1 для ремонта магистрального нефтепровода с заполнением композитным компанаудом

Толщина стенки муфты составляет 14 мм, детали муфты (полумуфты) изготавливаются из стали 17Г1С класса прочности К52 согласно ГОСТ 20295.

Технология исправления дефекта трубопровода при помощи ремонтной муфты предусматривает выполнение следующих операций:

- зачистка дефектного участка,
- уточнение параметров и границ дефекта,
- установка ремонтной муфты,
- приварка вводных планок,

- сварка двух корневых швов,
- заполнение промежуточных слоёв сварных швов,
- контроль качества сварки,
- герметизация краёв кольцевого шва с использованием быстрозатвердевающего герметика,
- заполнение композитным составом кольцевого зазора между трубой и муфтой.

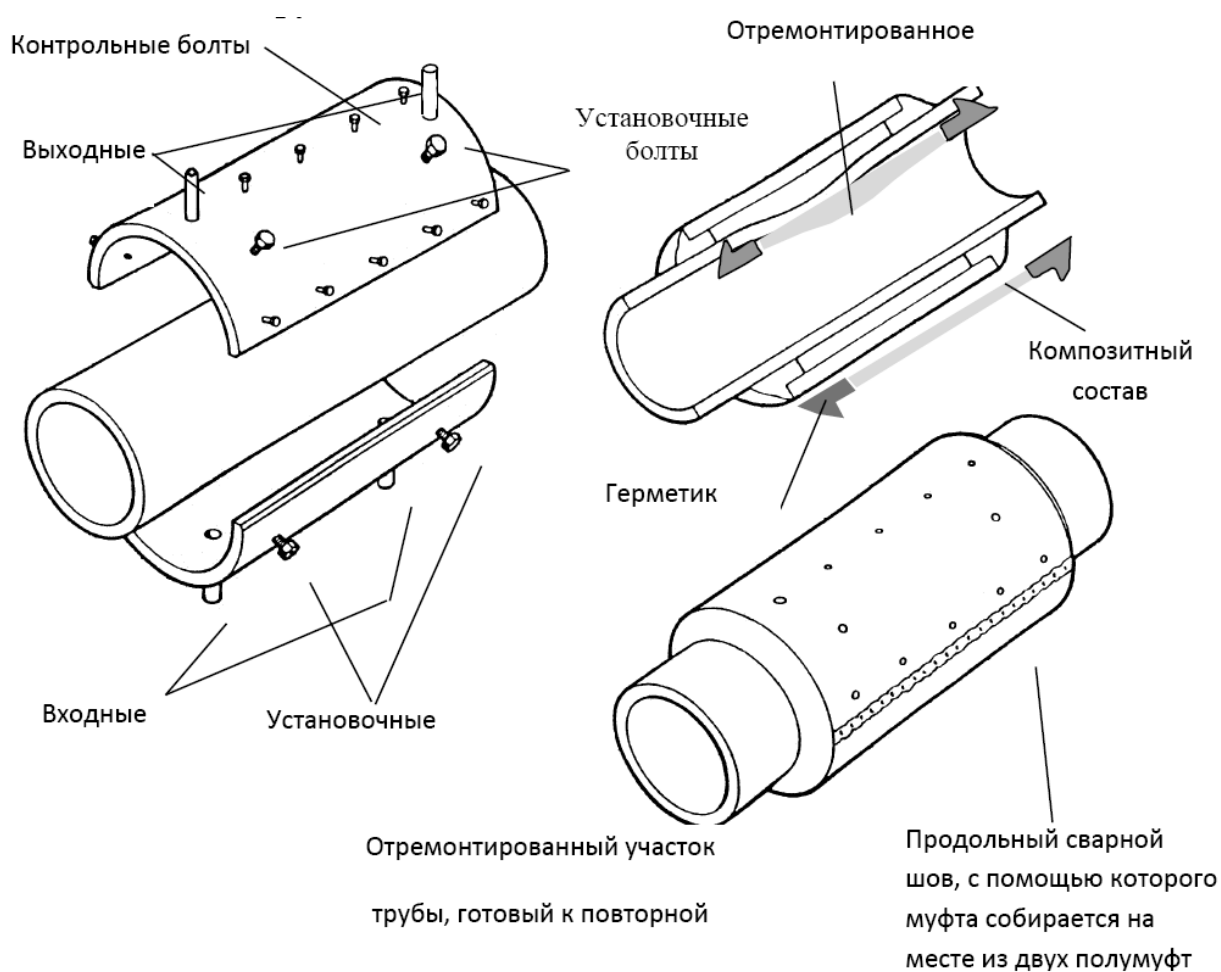


Рисунок 10 – Установка ремонтной муфты П1 на линейном участке трубопровода

По результатам дефектоскопического контроля размечают границы ремонтного участка при помощи маркера, выполняют его очистку от изоляционного покрытия. При очистке поверхности трубы необходимо удалить окалину, грязь и ржавчину. Очистка выполняется с применением шлифмашинки и металлической щётки.

Перед исправлением дефекта с установкой ремонтной муфты следует уточнить характер и размеры дефекта. Определение размеров дефекта (длины и глубины) выполняется с использованием мерительного инструмента, к которому относят шаблон сварщика, металлическую рулетку, штангенциркуль и т.д. Определение остаточной толщины стенки и глубины дефекта выполняют при помощи ультразвукового дефектоскопа.

Перед установкой ремонтной муфты необходимо убедиться в том, что место предполагаемого расположения кольцевых швов на трубе свободно от других дефектов. В противном случае установка ремонтной конструкции выбранного размера не допускается.

При установке ремонтной муфты следует соблюдать минимальное расстояние от торца муфты до кольцевого сварного шва, которое должно быть не меньше 100 мм. Расстояние от кольцевого шва ремонтной муфты до сварных швов патрубков должно быть не менее 100 мм.

Перед сборкой ремонтной муфты следует выполнить зачистку её кромок на расстояние не менее 20 мм с внутренней и наружной стороны.

При установке ремонтной муфты на трубопровод применяют подъёмную технику и специальную оснастку.

При подготовке кромок полумуфт под сварку с применением продольного шва применяется V-образная разделка, представленная на рисунке 11. Технологический зазор при сборке полумуфт должен составлять 2...3,5 мм.

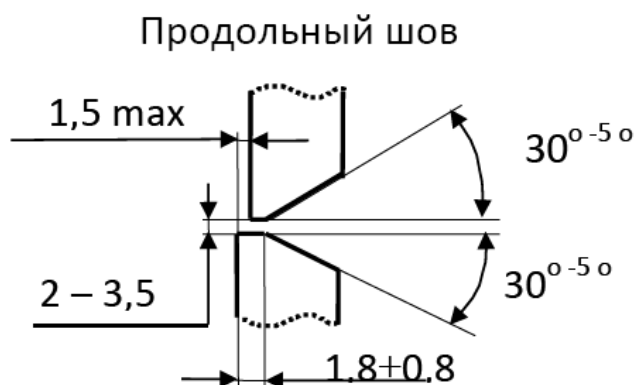


Рисунок 11 – Разделка кромок продольных стыков муфты

Прокалку электродов выполняют в соответствии с указанными на упаковках режимами. После прокали электродов их следует незамедлительно поместить в резервную печь, разогретую до 80...100 °С. Используемые при сварке электроды вынимаются из печи непосредственно перед сваркой. Если в течение смены не были использованы все электроды, то остаток электродов следует ещё раз прокалить. При этом общее количество прокалок электрода до его использования не должно превышать трёх, в противном случае электроды считаются непригодными для сварки.

Таблица 2 – Химический состав наплавленного металла электродами УОНИ 13/55

Марка электрода	C	Mn	Si	Ni	Mo	S+P
УОНИ 13/55	<0,09	1,05	0,42	-	-	< 0,040

Таблица 3 – Механические свойства наплавленного металла электродами УОНИ 13/55

Марка электрода	Предел текучести	Предел прочности	Относительное удлинение	Ударная вязкость KCV	Ударная вязкость KCU
	σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ , %	Дж/см ²	Дж/см ²
УОНИ 13/55	420	530	20	130, +20°С 80, -40°С 34, -60°С	59, -30°С 35, -40°С

Таблица 4 – Параметры прокали электродов перед сваркой

Марка электрода	Температура прокали	Время прокали
УОНИ 13/55	380...420 °С	90...120 мин

Для прокали электродов используется печь ЭПСЭ-40/400, представленная на рисунке 12-а, в качестве резервных печей для хранения прокаленных электродов используются две печи ЭПСЭ-10/400, представленные на рисунке 12-б.

Прихватку полумуфт выполняют с использованием сварочного выпрямителя ВД-306, представленного на рисунке 13. Параметры режима

сварки при выполнении прихваточных швов соответствуют параметрам режима сварки корневого слоя шва согласно таблице 5.

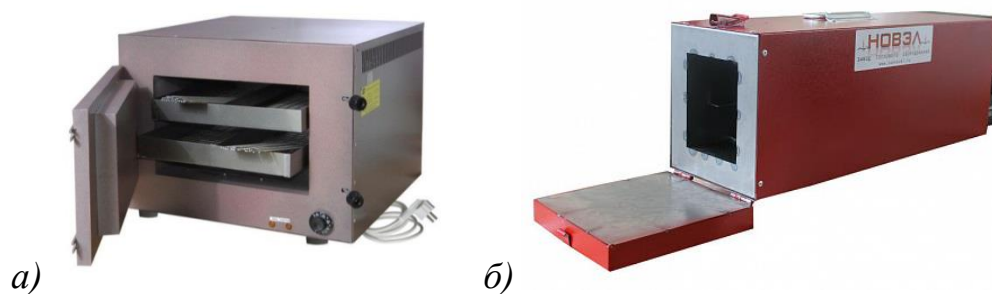


Рисунок 12 – Печи для прокали и резервного хранения электродов: ЭПСЭ-40/400 (а) и ЭПСЭ-10/400 (б)



Рисунок 13 – Сварочный выпрямитель ВД-306

Таблица 5 – Режимы ручной дуговой сварки продольных стыков ремонтных конструкций

Сварочные слои	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Корневой	3,0	90...120
Заполняющие	3,0	100...130
	4,0	140...170
Облицовочный	3,0	100...120
	4,0	135...160

Прихватку выполняют два сварщика, которые проставляют прихваточные швы параллельно друг другу с разных сторон трубы. Перед выполнением прихваточного шва место прихватки необходимо разогреть до температуры 100...150 °С газовой горелкой. Расстояние между прихватками должно быть приблизительно 500 мм, длина каждой прихватки должна быть не менее 50 мм. Необходимо выполнить не менее трёх прихваток на одну сторону.

После выполнения прихваток необходимо выполнить их визуальный контроль на предмет обнаружения трещин или надрывов. Если недопустимые дефекты в прихватке были обнаружены, такую прихватку следует удалить и повторно заварить.

После выполнения прихваточных швов следует приварить входные пластины из стали Ст3 или Стали 20. Толщина привариваемых входных пластин составляет 3...5 мм, длина пластин должна быть не менее 40 мм. Применение входных и выходных пластин, привариваемых в начале и конце сварного шва, позволяет избежать образования дуговых кратеров на концах шва. После выполнения сварочных работ входные пластины срезают при помощи болгарки и зачищают место среза.

Сварка корневого слоя шва выполняется двумя сварщиками одновременно с двух сторон трубы. Перед сваркой следует выполнить предварительный подогрев до температуры 100...150 °С газовой горелкой. При помощи термического карандаша контролируют температуру нагрева в 4-х точках.

Для того, чтобы уменьшить температурные деформации, следует выполнять сварку обратноступенчатым способом от центра к краям, как показано на рисунке 15. Последовательность наложения валиков по сечению продольных сварных соединений приведена на рисунке 16.

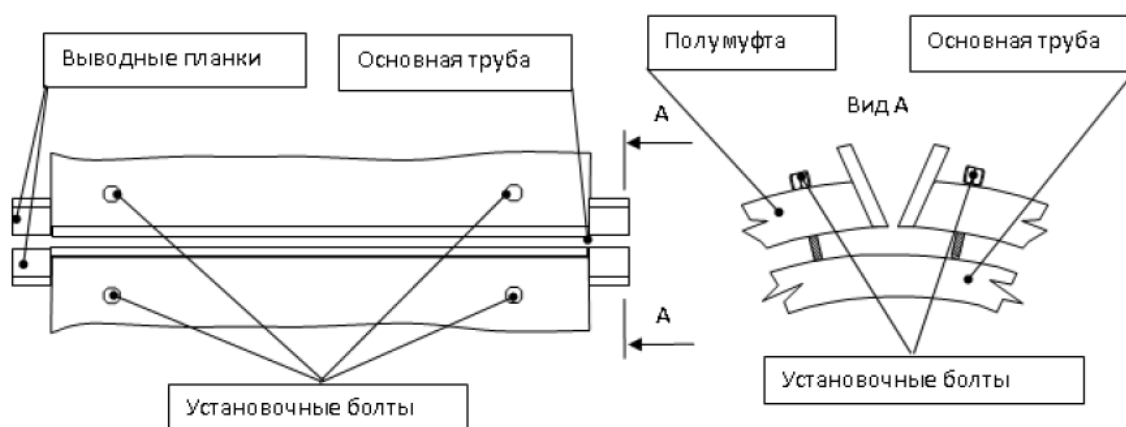


Рисунок 14 – Сборка полумуфта перед сваркой

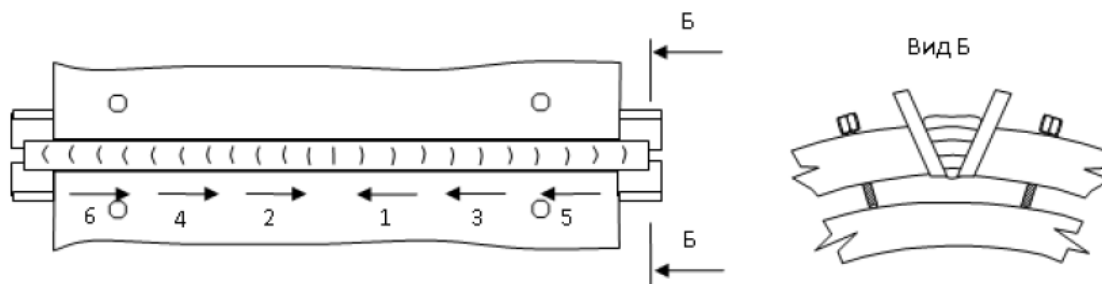


Рисунок 15 – Последовательность выполнения корневого и заполняющих слоёв шва

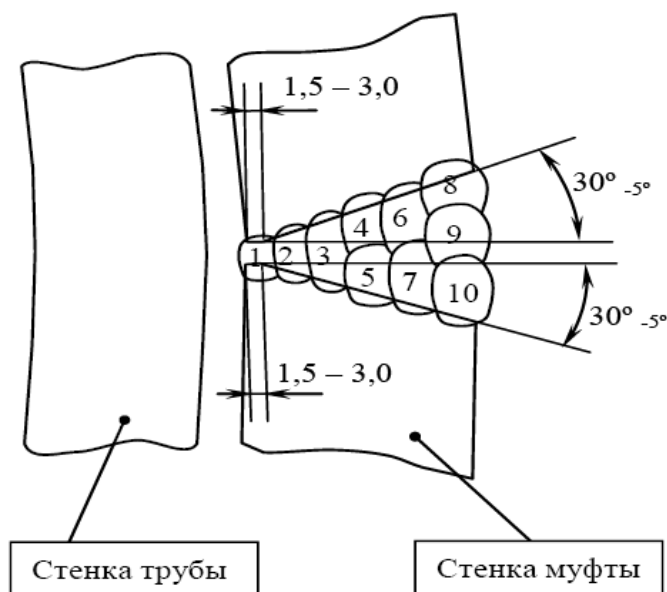


Рисунок 16 - Последовательность наложения швов по сечению сварного соединения продольных стыков муфт

При выполнении облицовочного слоя необходимо обеспечить перекрытие основного металла муфты на 1,5...2,5 мм. Облицовочный слой должен иметь усиление 1...3 мм. Поверхность облицовочного слоя шва должна плавно выходить на основной металл трубы.

Сварные соединения подлежат проверке сразу после их выполнения. Приёмочный контроль проводят: визуально-измерительный (согласно РД 03-606-03), ультразвуковой (согласно ГОСТ 14782).

В ходе визуально-измерительного контроля выполняют проверку сварных швов на соответствие формы и размеров, отсутствие недопустимых дефектов на поверхности. Объём визуально-измерительного контроля – 100 %. В ходе ультразвукового контроля проверяется отсутствие

недопустимых дефектов в сварном шве и околошовной зоне. Объём ультразвукового контроля – 30 %.

Не допускаются следующие выявленные при визуально-измерительном контроле дефекты: трещины всех видов и направлений, непровары в корне шва и неполное проплавление, прожоги, несплавления, поверхностные поры размером более 2,0 мм, подрезы глубиной более 2,0 мм, уменьшение катета углового шва, вогнутость корня шва более 1,5 мм, наплывы.

Не допускаются следующие выявленные при ультразвуковом контроле дефекты: непровары и несплавления между слоями шва, внутренние поры более 1,0 мм, скопления и цепочки шлаковых включений.

По внешнему виду сварные швы должны быть: с гладкой или равномерно чешуйчатой поверхностью, иметь плавные переходы к основному металлу, облицовочные валики должны перекрывать друг друга 1/3 ширины, кратеры должны быть заварены.

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

Для проведения ультразвукового контроля применяется ультразвуковой дефектоскоп USD-500, набор стандартных образцов, гель для УЗК.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при ремонте магистральных трубопроводов временными муфтами.

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки:

- малая производительность сварки;
- тяжёлые условия труда;
- значительное количество дефектов, исправление которых требует затрат времени и сварочных материалов.

Анализ состояния вопроса позволяет сформулировать задачи выпускной квалификационной работы, решение которых приведёт к достижению поставленной цели:

- выполнить обоснованный выбор способа сварки рассматриваемой ремонтной конструкции;
- составить проектную технологию сварки (выбрать сварочные материалы назначить оптимальные параметры режима, выбрать сварочное оборудование, требования к выполнению технологических операций).

Оценочный блок предусматривает обоснование возможности внедрения в производство предлагаемых технических решений и мероприятий. В ходе его выполнения следует:

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект.

2 Проектная технология ремонтной сварки нефтепровода

2.1 Обоснование выбора способа сварки

В числе основных критериев, которыми следует руководствоваться при выборе способа сварки, следует назвать [1], [18], [20]:

- свойства и толщина металла заготовок, из которых состоит рассматриваемое изделие, химический состав и свариваемость металла заготовок;

- геометрия сварных швов – длина, расположение в пространстве и относительно краёв изделия, доступность сварных швов, прямолинейность сварных швов;

- при выборе того или иного способа сварки следует руководствоваться приоритетом механизированных способов перед ручными и автоматических способов перед механизированными, при этом из автоматических способов следует отдавать предпочтение способу, имеющему большую производительность;

- оценка преимуществ и недостатков рассматриваемых способов сварки с точки зрения экономичности и стабильности качества соединений.

Поскольку рассматриваемая сварная конструкция выполняется из стали Ст3, то можно сделать вывод о применимости всех известных способов, так как свариваемость этой стали – удовлетворительная.

Толщина свариваемых деталей составляет 14 мм. Для таких толщин при выполнении длинномерных швов при стыке полумуфт целесообразно использование следующих способов сварки:

- ручная дуговая сварка штучными электродами;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой;
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Ручная электродуговая сварка штучными электродами, представленная на рисунке 17-а, в настоящее время нашла широкое применение при выполнении коротких швов. Толщина свариваемого металла может быть 2...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [1], [18], [20].

В числе преимуществ ручной дуговой сварки штучными электродами следует отметить: простоту и дешевизну технологического оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения.

Сварка под флюсом, представленная на рисунке 17-б, в основном используется для выполнения стыковых соединений, сварка которых происходит в нижнем положении. Толщина свариваемого металла составляет 10...20 мм для двухсторонней однопроходной сварки на флюсовой подушке. Преимуществами сварки под флюсом являются: возможность управления составом наплавленного металла через проволоку и флюс; хорошее качество сварки при работах на открытом воздухе; высокая производительность и малые потери на угар и разбрызгивание.

Недостатками сварки под флюсом являются: жидкотекучесть расплавленного металла и флюса (повышается вероятность непроваров и пор); возможность осыпания флюса с изделия; усложняется сварочное оборудование; высокие требования к сборке под сварку (возможно вытекание расплавленного металла между кромками).

Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [16], [28].

В настоящее время мировым производителем сварочных материалов («Lincoln Electric», «Hobart», «Elga», «ESAB», «Thyssen-Böhler», «Kobelco», «S.A.F.-Oerlicon»,) предлагается значительное количество порошковых проволок, которые предназначены для использования в широкой области.

Несмотря на преимущества сварки самозащитной порошковой проволокой, она обладает и существенными недостатками, ограничивающими область её применения. Во-первых, при сварке остаётся необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва. Во-вторых, высокая стоимость порошковой проволоки делает её применение в ряде случаев экономически невыгодным. В-третьих, из-за жидкотекучести шлака наблюдается сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений. В-четвёртых, следует отметить необходимость борьбы с заламами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости. В-пятых неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки приводит к образованию шлаковых включений и пор.

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, представленная на рисунке 17-2, получила широкое распространение при выполнении сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ сварки продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая ограничена при ручной дуговой сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой порошковой проволокой.

Недостатками сварки в смеси защитных газов являются: наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика); повышенное

разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла); низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин).

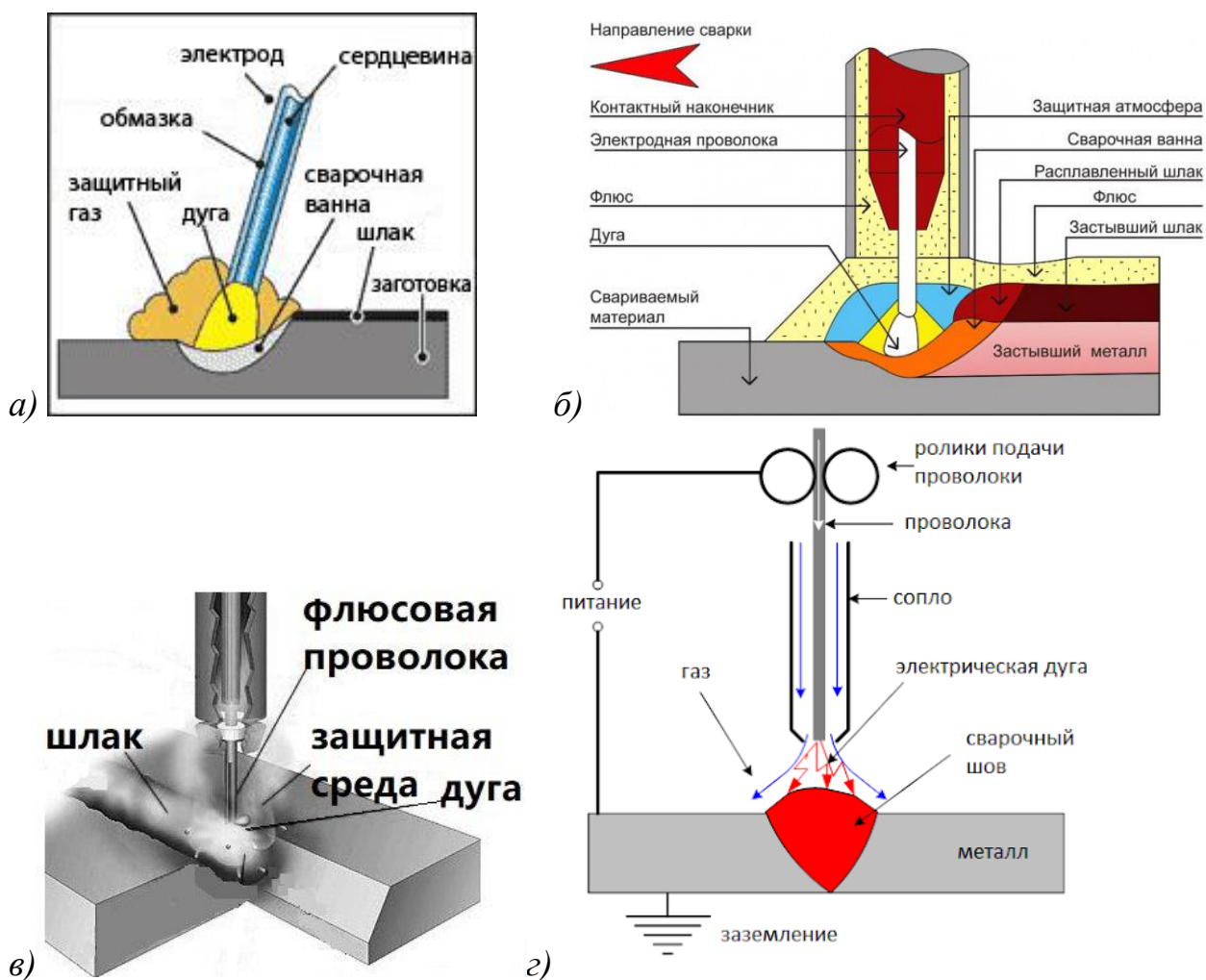


Рисунок 17 – Альтернативные способы сварки при установке ремонтных конструкций на магистральном трубопроводе: ручная дуговая сварка (а), сварка под флюсом (б), самозащитной порошковой проволокой (в), механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения (г)

На основании анализа преимуществ и недостатков рассмотренных способов сварки выполним их экспертную оценку по критериям, представленным в таблице б: мобильность способа, качество сварного шва, условия труда, стоимость оборудования, стоимость сварочных материалов, производительность способа.

Таблица 6 - Обоснование выбора способа сварки

Показатель	Способ сварки			
	Ручная дуговая сварка штучными электродами	Сварка под слоем флюса	Сварка самозащитной порошковой проволокой	Сварка плавящимся электродом в защитном газе
Мобильность способа	4	1	3	2
Качество сварного шва	1	4	2	3
Условия труда	1	3	2	4
Стоимость оборудования	4	1	3	2
Стоимость сварочных материалов	2	3	1	4
Производительность	1	4	3	2
ВСЕГО	13	16	13	17

По суммарному баллу для построения проектной технологии сварки предложим механизированную сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах

Повышение эффективности сварки в защитных газах и смеси защитных газов проволоками сплошного сечения может быть получено при использовании импульсной подачи сварочной проволоки в зону сварки [11], [9]. При этом использование газовых смесей снижает разбрызгивание, обеспечивает лучшее формирование шва [29].

Следует помнить, что даже сварка в инертных газах не позволяет полностью защитить сварочную ванну. Атмосферный воздух интенсивно проникает через газовую защиту, в самом защитном газе присутствуют вредные примеси, а также вредные примеси содержатся на кромках изделий и поверхности сварочной проволоки. Поэтому в процессе сварки интенсивно протекают процессы наводораживания, азотирования, окисления, растворения в ванне вредных примесей [10].

Рассмотрены для потенциального применения четыре способа сварки:

- механизированная сварка в среде чистого углекислого газа с постоянной подачей сварочной проволоки;
- механизированная сварка в смеси защитных газов (Ar 70% + CO₂ 30%) с постоянной подачей сварочной проволоки;
- механизированная сварка в среде чистого углекислого газа с импульсной подачей сварочной проволоки;
- механизированная сварка в смеси защитных газов (Ar 70% + CO₂ 30%) с импульсной подачей сварочной проволоки.

Выполняли наплавку на образец толщиной 6 мм из стали СтЗпс сварочной проволокой Св-08ГСМТ диаметром 1,2 мм. Силу сварочного тока изменяли в диапазоне 100...140 А. Установлено, что легирующие элементы (марганца и кремния) меньше выгорают при импульсной подаче проволоки. Сварка в смеси газов по сравнению со сваркой в чистом углекислом газе ещё больше предотвращает выгорание легирующих элементов и углерода, как показано на рисунке 18.

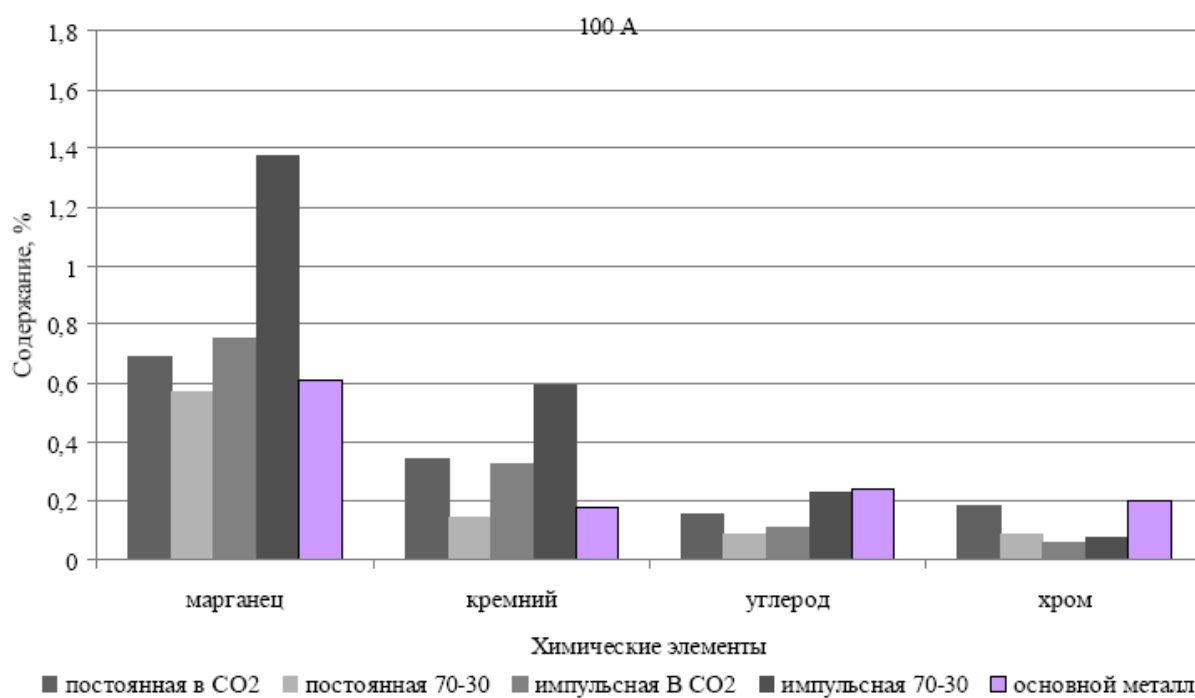


Рисунок 18 – Содержание химических элементов в сварном шве при токе сварки 100 А



а)



б)

Рисунок 19 – Применяемое для сварки оборудование: источник питания Invertec STT (а) и механизм подачи LF-33 (б)

Для подачи сварочной проволоки предлагаем применять механизм подачи LF-33, представленный на рисунке 19-б). В качестве источника питания сварочной дуги применим источник Invertec STT, представленный на рисунке 19-а).

2.3 Операции проектного технологического процесса ремонтной сварки магистрального трубопровода

Перед началом сварки проверяется:

- наличие у сварщика допуска к выполнению данной работы;
- качество сборки или наличие соответствующей маркировки на собранных элементах, подтверждающих надлежащее качество сборки;
- состояние кромок и прилегающих поверхностей;
- наличие документов, подтверждающих положительные результаты контроля сварочных материалов;
- состояние сварочного оборудования или наличие документа, подтверждающего надлежащее состояние оборудования;

- температура предварительного подогрева свариваемых деталей (если таковой предусмотрен НТД или ПТД).

Требования к сварочной проволоке:

- качество сварочной проволоки должно соответствовать ГОСТ 2264;
- сварочные проволоки в зависимости от условий поставки могут быть полированными, омеднёнными или осветлёнными;

- упаковка сварочных материалов должна быть проведена согласно требованиям ТУ на эти материалы. Обязательно наличие сертификатов предприятия-изготовителя, которые удостоверяют качество поставленной сварочной проволоки;

- очищенная и намотанная в кассеты сварочная проволока должна храниться в закрытых помещениях, температура в которых не опускается ниже +15 °С. При этом на каждой кассете с проволокой на видном месте необходимо выполнить маркировку несмываемой краской;

- при намотке проволоки на кассеты следят за тем, чтобы не было перегибов.

Для сварки применяется проволока сплошного сечения диаметром 1,14 мм SuperArc L-56, химический состав и свойства наплавленного металла представлены в таблице 7 и таблице 8.

Таблица 7 – 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 8 – Механические свойства наплавленного металла

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

Сварку выполняют постоянным током обратной полярности («+» - на электроде). Параметры режима сварки зависят от выполняемого соединения и приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры режима импульсной сварки 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

Технология исправления дефекта трубопровода при помощи ремонтной муфты предусматривает выполнение следующих операций:

- зачистка дефектного участка,
- уточнение параметров и границ дефекта,
- установка ремонтной муфты,
- сварка продольных швов муфты,
- контроль качества сварки.

Перед возбуждением сварочной дуги следует обдуть зону сварки защитным газом. Необходимо следить, чтобы расстояние от сопла горелки до поверхности свариваемой детали не превышало 25 мм.

В процессе сварки сварщик не должен обрывать дугу. В случае обрыва дуги кратер шва и прилегающий к нему участок шва на расстоянии не менее 15 мм должны быть зачищены от шлака. Возбуждение дуги после перерыва следует производить на ранее заваренном участке шва на расстоянии 10...15 мм от кратера.

По окончании сварки обрывать дугу следует после заплывания кратера. Сварочную ванну необходимо обдуть защитным газом до потемнения металла.

После выполнения каждого прохода многослойного шва необходимо подвергнуть его внешнему осмотру с целью выявления трещин и других дефектов. В случае их обнаружения дефекты устраняются до выполнения следующего прохода.

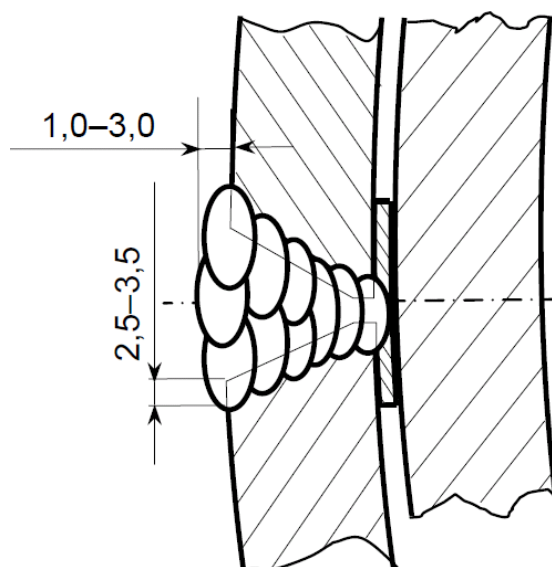


Рисунок 20 – Последовательность наложения слоев при сварке продольных швов муфт

В процессе сварки проверяется:

- режим сварки;
- последовательность наложения швов;
- размеры накладываемых слоев шва и окончательные размеры шва;
- выполнение специальных требований, предписанных технической документацией;
- наличие клейма сварщика на сварном соединении после окончания сварки.

Контроль качества сварных соединений стальных конструкций производится:

- при выполнении прихваточных швов - внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100 %;
- при выполнении продольных и кольцевых швов - внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100 %; неразрушающими методами (радиографированием или ультразвуковой дефектоскопией) в объеме не менее 30 % длины швов.

Результаты контроля качества сварных соединений стальных конструкций должны отвечать требованиям нормативной документации.

Контроль размеров сварного шва и определение величины выявленных дефектов следует производить измерительным инструментом, имеющим точность измерения $\pm 0,1$ мм, или специальными шаблонами для проверки геометрических размеров швов. При внешнем осмотре рекомендуется применять лупу с 5...10-кратным увеличением. Трещины всех видов и размеров в швах сварных соединений конструкций не допускаются и должны быть устранены с последующей заваркой и контролем.

Контроль швов сварных соединений конструкций неразрушающими методами следует проводить после исправления недопустимых дефектов, обнаруженных внешним осмотром. Выборочному контролю швов сварных соединений, качество которых согласно проекту требуется проверять неразрушающими физическими методами, должны подлежать участки, где наружным осмотром выявлены дефекты, а также участки пересечения швов. Длина контролируемого участка не менее 100 мм.

Выводы по второму разделу

При анализе альтернативных способов сварки, которые могут быть применены при выполнении ремонтной сварки магистрального нефтепровода, были рассмотрены:

- ручная дуговая сварка,
- автоматическая сварка под флюсом,
- сварка плавящимся электродом в защитных газах,
- сварка порошковой самозащитной проволокой.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа сварки позволил обосновать замену ручной дуговой сварки штучными электродами (применяется в базовом варианте технологии) на механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-

технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой и подачей сварочной проволоки.

Приведены описания операций технологического процесса сборки и сварки ремонтной конструкции:

- зачистка дефектного участка,
- уточнение параметров и границ дефекта,
- установка ремонтной муфты,
- сварка продольных швов муфты,
- контроль качества сварки.

Назначены параметры режима сварки и оборудование для осуществления проектной технологии.

Для достижения поставленной цели необходимо оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал.

Также следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при ремонте трубопроводов с применением временных муфт.

Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Исходя из этого, в настоящем разделе выпускной квалификационной работы следует выявить опасные и вредные факторы, которые сопровождают предлагаемую к реализации проектную технологию, оценить возможность защиты от них с применением стандартным средств и мероприятий.

Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, представленных в таблице 10:

- первая операция - зачистка дефектного участка;
- вторая операция - уточнение параметров и границ дефекта;
- третья операция - установка ремонтной муфты;
- четвёртая операция - сварка продольных швов муфты;
- пятая операция - контроль качества.

Таблица 10 - Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1. Зачистка дефектного участка	Слесарь-сборщик	- машинка шлифовальная	- круг абразивный
2. Уточнение параметров и границ дефекта	Дефектоскопист рентгенографирования	- аппарат рентгеновского контроля Арина-5	радиографическая плёнка
3. Установка муфты	Слесарь-сборщик	- сборочное устройство, - шаблон сварщика	- круг абразивный
4. Сварка продольных швов	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- сварочный источник питания, - полуавтомат, - машинка шлифовальная	- сварочная проволока, - защитный газ, - круг абразивный
5. Контроль качества	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновского контроля	радиографическая плёнка

На основании анализа данных таблицы 10 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, что отражено в таблице 11. Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях труда того или иного фактора, его

потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм.

Таблица 11 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1. Зачистка дефектного участка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	- машинка шлифовальная
2. Уточнение параметров и границ дефекта	- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	- аппарат рентгеновского контроля Арина-5
3. Установка муфты	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	- сборочное устройство
4. Сварка продольных швов	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение	- сварочный источник питания, - полуавтомат, - машинка шлифовальная
5. Контроль качества	- радиоактивное излучение; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	- аппарат рентгеновского контроля Арина-5

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования,
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны,
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,
- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов,
- инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации,
- ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений,
- радиоактивное излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 12 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью	Технические средства и методики, применение которых по отношению к негативному фактору позволит полностью устранить его или уменьшить до приемлемого уровня	Средства индивидуальной защиты
1	2	3
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок и инструментов	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности	Спецодежда.
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; 2) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек	Спецодежда

Продолжение таблицы 12

1	2	3
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	1) применение устройств местного удаления загрязнённого воздуха; 2) применение устройств общеобменной вентиляции рабочего пространства, позволяющих обеспечить подачу чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) организация защитного заземления; 2) проведение периодического инструктажа по технике безопасности; 3) периодический контрольный замер изоляции; 4) периодический контрольный замер сопротивления заземляющей цепи	Спецодежда
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности ; 2) механизация и автоматизация основных и вспомогательных операций технологического процесса	Спецодежда
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) применение защитных экранов; 2) применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону	Спецодежда
8) радиоактивное излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья	1) размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; 2) уменьшение времени воздействия негативного фактора на оператора	Спецодежда

На основании идентифицированных профессиональных рисков, возникающих при реализации проектной технологии, возможен последующий их анализ и выработка решений по их снижению до приемлемого уровня, приведённые в таблице 12.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения.

Таблица 13 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	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)	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.	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.

Таблица 14 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.

В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением. Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 13, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 14.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 15.

Таблица 15 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки (механизованная сварка)	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

Предлагаемые технические средства должны обладать достаточной эффективностью против рассматриваемых опасных факторов пожара. Эти средства должны основываться на действующей нормативной документации, учитывать особенности рассматриваемого технологического процесса.

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно

таблице 16 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 17.

Таблица 16 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках анализируемого технологического процесса	Факторы, негативно влияющие на атмосферу	Факторы, негативно влияющие на гидросферу	Факторы, негативно влияющие на литосферу
Сборка и сварка (механизованная и автоматическая сварка)	Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции	Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы	Химикаты, используемые в процессе проявления рентгеновской пленки и закрепления полученного изображения.	Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный.

Таблица 17 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

Анализ представленных в таблице 16 и таблице 17 данных позволяет заключить, что приемлемая экологическая безопасность технологического процесса обеспечивается применением стандартных методик и схем.

Выводы по экологическому разделу

Настоящий раздел выпускной квалификационной работы посвящён поиску и анализу негативных производственных и экологических факторов, возникновение которых произойдёт при реализации предлагаемой технологии сборки и сварки.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки с применением механизированной сварки в среде защитных газов позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Разработан перечень мероприятий для защиты персонала и имущества предприятия от возможного пожара, для чего идентифицированы опасные факторы пожара, предложены стандартные средства и методики для их устранения.

Анализ экологичности предлагаемого технологического процесса позволил установить, что внедрение в производство предлагаемых решений приведёт к возникновению негативных воздействий на окружающую среду (атмосферу, гидросферу и литосферу).

В настоящем разделе предложены мероприятия, которые призваны уменьшить влияние негативных экологических факторов.

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности ремонтной сварки магистрального трубопровода с установкой временных муфт. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на механизированной сварки в среде защитного газа проволокой сплошного сечения.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология предусматривает механизированную сварку с применением сборочного устройства. Составлена проектная технология ремонтной сварки, которая включает в себя следующие операции: зачистка дефектного участка, уточнение параметров и границ дефекта, установка ремонтной муфты, сварка продольных швов муфты контроль качества.

Такая замена способа восстановления позволяет существенно повысить производительность выполнения восстановительных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Таким образом, в настоящем разделе следует оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии ремонтной сварки.

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям согласно таблицы 18.

Таблица 18 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p		IV	IV
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	$K_{д}$	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	80000	250000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	4	8
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$Н_a$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	200	200
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	$E_{\text{н}}$	-	0,33	0,33

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Выполнение операций базового и проектного технологического процессов сварки изделия предусматривает применение оборудования и рабочего персонала. Для расчёта фонда заработной платы и затрат на оборудование и производственные площади требуется определить фонд времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных, представленных в таблице 18: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час,

принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

$$F_{н} = (D_{р} \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} . \quad (1)$$

Расчёты, выполненные согласно (1) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{н} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ ч.}$$

Эффективный фонд времени сварочного оборудования, которое применяется для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса определяется с учётом процента планируемых потерь рабочего времени $B = 7 \%$:

$$F_{э} = F_{н} (1 - B/100). \quad (2)$$

Расчёты, выполненные согласно (2) после подстановки численных значений параметров и коэффициентов из исходных данных:

$$F_{э} = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{маш}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{всп}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{обсл}$; времени $t_{отд}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного

времени $t_{П-З}$:

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

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (3), составит:

$$t_{шт.баз} = 1,71 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 3 \text{ ч.}$$

$$t_{шт.проектн.} = 0,57 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1 \text{ ч.}$$

Годовая программа $П_{Г}$ выполнения сварки может быть рассчитана исходя из рассчитанного согласно (2) эффективного фонда времени $F_{э}$ и согласно (3) штучного времени $t_{шт}$:

$$П_{Г} = F_{э} / t_{шт}. \quad (4)$$

Готовая программа для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанная согласно (4) после подстановки численных значений:

$$П_{Г.баз.} = 2054/3 = 685 \text{ ремонтных сварок за год;}$$

$$П_{Г.проектн.} = 2054/1 = 2054 \text{ ремонтных сварок за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $П_{Г} = 500$ ремонтных сварок в год.

При этом необходимое количество $n_{расч}$ оборудования для выполнения операций базового и проектного вариантов технологического процесса вычисляется с учётом коэффициента $K_{вн}$ выполнения нормы (для базового и проектного варианта технологий принимаем $K_{вн} = 1,03$):

$$n_{расч} = t_{шт} \cdot П_{Г} / (F_{э} \cdot K_{вн}). \quad (5)$$

Требуемое количество оборудования $n_{расч}$ для базового и проектного вариантов технологии, рассчитанное согласно (5), составляет:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{3 \cdot 500}{2054 \cdot 1,03} = 0,7, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{1 \cdot 500}{2054 \cdot 1,03} = 0,2.$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному

вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{\text{пр}} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}}. \quad (6)$$

Значения коэффициентов загрузки K_3 для базового и проектного вариантов технологии составляют:

$$K_{3б} = 0,7/1 = 0,7, \quad K_{3п} = 0,2/1 = 0,2.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Проведение ремонтной сварки магистрального трубопровода предусматривает расходование материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалом будут штучные электроды. При механизированной сварке расходным материалом будут сварочная проволока и защитный газ. Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов C_m и коэффициента $K_{\text{ТЗ}}$ транспортно-заготовительных расходов:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{\text{ТЗ}}, \quad (7)$$

Затраты на материалы, рассчитанные согласно (7) для базового и проектного вариантов технологии, составят:

$$M_{\text{баз.}} = 300 \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 158 \text{ руб.},$$

$$M_{\text{проектн.}} = (200 \cdot 0,4 + 10 \cdot 12) \cdot 1,05 = 210 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{\text{шт}}$, часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$ и коэффициента $K_{\text{д}}$ доплат:

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

Основная заработная плата рабочих для базового и проектного вариантов технологии после подстановки значений в формулу (8) составляет:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 3 \cdot 200 \cdot 1,88 = 1128 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 1 \cdot 200 \cdot 1,88 = 376 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

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

Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 1128 \cdot 12/100 = 135 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 376 \cdot 12/100 = 45 \text{ рублей.}$$

Фонд заработной платы $\Phi ЗП$ вычисляется как сумма основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной $Z_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии:

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 1128 + 135 = 1263 \text{ рублей};$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 376 + 45 = 421 \text{ рублей.}$$

Объём отчислений $O_{\text{сн}}$ из фонда заработной платы на социальные нужды определяем с учётом коэффициента $K_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды:

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

Отчисления на социальные нужды по базовому и проектному вариантам технологии после подстановки в (10) соответствующих значений:

$$O_{\text{сн.баз.}} = 1263 \cdot 34/100 = 420 \text{ руб.},$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 421 \cdot 34 / 100 = 143 \text{ руб.}$$

Затраты $Z_{\text{об}}$ на оборудование, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, вычисляются как сумма затрат $A_{\text{об}}$ на амортизацию и $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию:

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

Величина $A_{\text{об}}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $C_{\text{об}}$, нормы амортизации $H_{\text{а}}$, машинного времени $t_{\text{маш}}$, и эффективного фонда времени $F_{\text{э}}$ с использованием зависимости:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{а}} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}. \quad (12)$$

Амортизация оборудования, которое применяется для выполнения операций по базовому и проектному вариантам технологии, после подстановки в (12) соответствующих значений, составляет:

$$A_{\text{об. баз.}} = 80000 \cdot 21,5 \cdot 3 / 2054 / 100 = 25 \text{ руб.},$$

$$A_{\text{об. пр.}} = 250000 \cdot 21,5 \cdot 1 / 2054 / 100 = 26 \text{ руб.}$$

Расходы $P_{\text{эз}}$ на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии рассчитываются с учётом установленной мощности оборудования $M_{\text{уст}}$, цены электрической энергии $C_{\text{эз}}$ для предприятий, машинного времени $t_{\text{маш}}$ и КПД оборудования:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{уст}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot C_{\text{э-э}}}{\text{КПД}}. \quad (13)$$

Рассчитанные после подстановки в (13) соответствующих значений расходы на электрическую энергию по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$P_{\text{эз баз}} = 12 \cdot 3 \cdot 3,2 / 0,7 = 165 \text{ руб.},$$

$$P_{\text{эз пр}} = 70 \cdot 1 \cdot 3,2 / 0,85 = 263 \text{ руб.}$$

Рассчитанные после подстановки в (11) соответствующих значений расходы на оборудование по базовому и проектному вариантам технологии составляют:

$$Z_{об\text{баз.}} = 25 + 165 = 190 \text{ руб.},$$

$$Z_{об\text{проектн.}} = 26 + 263 = 289 \text{ руб.}$$

Технологическая себестоимость $C_{\text{тех}}$ рассчитывается как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$ и затрат на оборудование $Z_{об}$:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \Phi ЗП + O_{\text{сс}} + Z_{\text{об}} + Z_{\text{ПЛ}} \quad (14)$$

Рассчитанная после подстановки в (14) соответствующих значений технологическая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 158 + 1263 + 420 + 190 + 78 = 2109 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 210 + 421 + 143 + 289 + 42 = 1105 \text{ руб.}$$

Цеховая себестоимость $C_{\text{цех}}$ рассчитывается с учётом технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{цех}}$ цеховых расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (15) соответствующих значений цеховая себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 2109 + 1,5 \cdot 1128 = 2109 + 1692 = 3801 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 1105 + 1,5 \cdot 376 = 1105 + 564 = 1669 \text{ руб.}$$

Заводская себестоимость $C_{\text{зав}}$ рассчитывается с учётом цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{зав}}$ заводских расходов:

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

Рассчитанная после подстановки в (16) соответствующих значений заводская себестоимость по базовому и проектному вариантам технологии составляет:

$$C_{ЗАВБаз.} = 3801 + 1,15 \cdot 1128 = 3801 + 1297 = 5098 \text{ руб.},$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1669 + 1,15 \cdot 376 = 1669 + 432 = 2101 \text{ руб.}$$

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 19.

Таблица 19 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант технологии	Проектный вариант технологии
1. Затраты на материалы	<i>М</i>	158	210
2. Фонд заработной платы	<i>ФЗП</i>	1263	421
3. Отчисления на соц. нужды	<i>О_{СН}</i>	420	143
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	190	289
5. Расходы на площади	<i>Зпл</i>	78	42
5. Технологическая себестоимость	<i>С_{тех}</i>	2109	1105
6. Цеховые расходы	<i>Р_{цех}</i>	1692	564
7. Цеховая себестоимость	<i>С_{цех}</i>	3801	1669
8. Заводские расходы	<i>Р_{зав}</i>	1297	432
9. Заводская себестоимость	<i>С_{зав}</i>	5098	2101

Таким образом, на основании данных таблицы 19 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость сварки.

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ.б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $C_{\text{об.б.}}$,

коэффициента загрузки оборудования $K_{з.б.}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

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

Остаточную стоимость $Ц_{об.б.}$ оборудования для базового варианта рассчитаем с учётом рыночной стоимости оборудования $Ц_{перв.}$ срока службы оборудования T_c и нормы амортизации H_a оборудования:

$$Ц_{об.б.} = Ц_{ПЕРВ.} - (Ц_{ПЕРВ.} \cdot T_{СЛ} \cdot H_A / 100). \quad (18)$$

Остаточная стоимость оборудования, рассчитанная после подстановки в (18) соответствующих значений, составляет:

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

$$K_{ОБЦБаз.} = 28400 \cdot 0,7 = 19880 \text{ рублей}$$

Капитальные затраты $K_{общ. пр.}$ для проектного варианта технологии рассчитываем как сумму вложений в оборудование $K_{об. пр.}$, вложений в производственные площади $K_{пл. пр.}$, сопутствующих вложений $K_{соп.}$:

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

Капитальные вложения $K_{об. пр.}$ в оборудование для выполнения операций по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом цены оборудования $Ц_{об. пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_{зп}$ по проектному варианту:

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

Величина капитальных вложений в оборудование после подстановки в (20) соответствующих значений составляет:

$$K_{об. пр.} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,2 = 52500 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения $K_{\text{соп}}$ по проектному варианту технологии рассчитываются с учётом расходов на демонтаж $K_{\text{дем}}$ базового оборудования и расходов на монтаж $K_{\text{монт}}$ проектного оборудования:

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

Расходы на демонтаж $K_{\text{дем}}$ и монтаж $K_{\text{монт}}$ рассчитываем с учётом стоимости оборудования $C_{\text{б}}$ и $C_{\text{пр}}$ по базовому и проектному вариантам, коэффициентов $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{м}}$ на демонтаж и монтаж оборудования:

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

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

Сопутствующие капитальные вложения при проектном варианте технологии, рассчитанные после подстановки в (21), (22) и (23) соответствующих значений:

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

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

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

Капитальные затраты для проектного варианта, рассчитанные после подстановки в (19) соответствующих значений:

$$K_{\text{общ. пр}} = 52500 + 16500 = 69000 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения $K_{\text{доп}}$ рассчитываем исходя из капитальных затрат $K_{\text{общ. пр}}$ и $K_{\text{общ. б}}$ для проектного и базового вариантов технологии:

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

$$K_{\text{доп}} = 69000 - 19880 = 49120 \text{ руб.}$$

Величину удельных капитальных вложений $K_{\text{уд}}$ рассчитываем с учётом годовой программы $P_{\text{г}}$:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{П_T}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{удБаз.} = 19880/500 = 40 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{удПроектн.} = 69000/500 = 138 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности

Расчёт снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом штучного времени $t_{шт.б.}$ и $t_{шт.пр.}$ по базовому и проектному вариантам:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad . \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{3-1}{3} \cdot 100\% = 67\% \quad .$$

Расчёт повышения производительности труда $П_T$ при внедрении в производство проектной технологии выполним с учётом рассчитанного выше снижения трудоёмкости $\Delta t_{шт}$:

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$П_T = (100 \cdot 67) / (100 - 67) = 203 \text{ \%} .$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{тех}$ при внедрении в производство проектной технологии выполняется по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (28)$$

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{2109 - 1105}{2109} \cdot 100\% = 48\%$$

Расчёт условно-годовой экономии $\text{Пр}_{\text{ож}}$ (ожидаемой прибыли), которая может быть получена при принятии проектной технологии, выполним следующим образом:

$$\text{Пр}_{\text{ож.}} = \text{Э}_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot \Pi_{\Gamma} \quad (29)$$

Ожидаемая прибыль после подстановки в (29) соответствующих значений составила:

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (5098 - 2101) \cdot 500 = 1498500 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости $T_{\text{ок}}$ дополнительных капитальных вложений определим следующим образом:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\text{Э}_{\text{уГ}}} \quad (30)$$

Срок окупаемости после подстановки в (30) соответствующих значений составил:

$$T_{\text{ок}} = \frac{49120}{1498500} = 0,1$$

Годовой экономический эффект Э_{Γ} , получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\text{Э}_{\Gamma} = \text{Э}_{\text{уГ}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Годовой экономический эффект после подстановки в (31) соответствующих значений составил:

$$\text{Эг} = 1498500 - 0,33 \cdot 49120 = 1482290 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

При выполнении базовой технологии ремонтной сварки магистрального трубопровода применяется ручная дуговая сварка штучными электродами. Недостатком базовой технологии является высокая вероятность получения сварного шва с порами и неоднородной структурой. Также следует отметить низкую производительность способа по сравнению с перспективными высокотехнологичными способами сварки.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения. Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 67 %, повышение производительности труда на 203 %, уменьшение технологической себестоимости на 48 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 1,499 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,482 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,1 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение эффективности сварочных работ при ремонте магистральных трубопроводов временными муфтами.

Анализ базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки штучными электродами позволил сформулировать его недостатки: малая производительность сварки, тяжёлые условия труда, значительное количество дефектов, исправление которых требует затрат времени и сварочных материалов.

На основании анализа источников научно-технической информации построение проектной технологии ремонтной сварки предложено выполнять с использованием механизированной сварки в защитном газе.

Составлена проектная технология ремонтной сварки, предусматривающая выполнение следующих операций: зачистка дефектного участка, уточнение параметров и границ дефекта, установка ремонтной муфты, сварка продольных швов муфты, контроль качества сварки.

Приведены описания операций технологического процесса ремонтной сварки, параметры режима обработки и оборудование для осуществления проектной технологии.

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы. На основании этих выделенных факторов предложен ряд стандартных средств и методик, позволяющих устранить опасный фактор или уменьшить его влияние на персонал до приемлемого уровня.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 1,482 млн. рублей.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
2. Бут В. С., Олейник О. И. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации // Автоматическая сварка. 2014. № 5. С. 42–50.
3. 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.
4. Временная инструкция по технологиям ремонта сварными муфтами дефектов труб и сварных соединений газопроводов, 2005.
5. Гумеров А. Г., Ямалеев К. М., Гумеров Р. С. Дефектность труб нефтепроводов и методы их ремонта. М. : Недра-Бизнесцентр, 1998. 253 с.
6. ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия
7. ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия
8. Ланге Б. С. Разработка методологии комплексной оценки качества магистральных трубопроводов в процессе строительного контроля : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва : Российской государственной университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 2012.
9. Лебедев В. А. Математическая модель формирования капель электродного металла при механизированной дуговой сварке с импульсной подачей сварочной проволоки // Сварочное производство. 2008. № 7 С. 10–14.
10. Неровный В. М. Теория сварочных процессов : учебник для вузов . М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007. 752 с.

11. Павлов Н. В., Крюков А. В., Зернин Е. А. Распределение температурных полей при сварке в смеси газов с импульсной подачей электродной проволоки // Сварочное производство. 2011 №1 С. 35–36.

12. РД 153-39.4-130-2002. Методы ремонта дефектных участков действующих магистральных нефтепроводов.

13. РД 23.040.00-КТН-090-07. Классификация дефектов и методов ремонта дефектов и дефектных секций действующих магистральных нефтепроводов.

14. РД 39-0147103-330-86. Инструкция по приварке заплат и муфт на стенки труб нефтепроводов под давлением перекачиваемой нефти до 2,0 МПа.

15. РД 75.180.00-КТН-193-08. Технология установки ремонтных конструкций на трубопроводы диаметром 1067 и 1020 мм с давлением 10 МПа, 2008.

16. Розерт Р. Применение порошковых проволок для сварки в промышленных условиях // Автоматическая сварка. 2014. № 6-7. С. 60–64.

17. Сараев Ю. Н., Безбородов В. П., Тютев А. В. Повышение механических свойств и структура неразъемных соединений труб нефте- и газопроводов из низколегированных марганцовистых сталей после импульсной сварки // Технология машиностроения. 2003. № 6. С. 41–44.

18. 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.

19. Сенцов С. И. Влияние системы менеджмента качества строительства на безотказность работы магистральных трубопроводов : диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – Москва: Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009.

20. Смирнов И. В. Сварка специальных сталей и сплавов : учебное пособие. Тольятти : ТГУ, 2007. 301 с.

21. Стеклов О. И., Антонов А. А., Севостьянов С. П. Обеспечение целостности сварных конструкций и сооружений при их длительной эксплуатации с применением реновационных технологий // Автоматическая сварка. 2014. № 6–7. С. 7–12.

22. Стеклов О. И. Комплексная техническая диагностика магистральных газонефтепроводов // Территория «Нефтегаз». 2006. № 4. С. 20–23; № 5. С. 12–17; № 6. С. 48–55.

23. Трепова С. Ю., Безбородов В. П., Тютев А. В., Никонова И. В. Влияние режима импульсной сварки на структуру и свойства сварных соединений марганцовистых сталей // Известия Томского политехнического университета. 2004. № 6. С. 102–104.

24. Федосеева Е. М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности магистральных трубопроводов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пермь : Пермский государственный технический университет, 2011.

25. Фёдоров А. Г. Совершенствование методки ремонта нефтегазопроводов с применением стальных обжимных муфт : диссертация на соискание уч. степени кандидата техн. наук. Ухта : Ухтинский государственный технический университет, 2017.

26. Филатов А. А., Кочетов В. И., Велиюлин И. И., Хасанов Р. Р. Восстановление работоспособности дефектных труб с помощью упрочняющих конструкций // Территория «Нефтегаз». 2018. № 2. С. 68–72.

27. Харина И. Л., Гутарова А. Л., Морозова Т. В. Стойкость против сероводородного коррозионного растрескивания низколегированной стали высокой чистоты для трубопроводов сероводородсодержащих сред // Будущее машиностроения России: Третья Всероссийская конференция молодых учёных и специалистов. М. : МГТУ им.Н.Э. Баумана. 2010.

28. 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.

29. Языков Ю. Ф., Алексина И. В. Преимущества сварки в защитных газовых смесях // Сварочное производство. 2008. №9. С. 29–30.