

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 кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технология и оборудование для проведения неразрушающего контроля на объектах нефтегазодобывающего оборудования

Студент	<u>И.В. Лаврентьев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Руководитель	<u>А.Ю. Краснопевцев</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>О.М. Сярдова</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
	<u>П.А. Корчагин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Допустить к защите

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

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

_____ (личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

Поддержание работоспособности промышленных трубопроводов связано с комплексом мероприятий по неразрушающему контролю их фактического состояния, оценкой остаточного ресурса с учетом обнаруженной эксплуатационной поврежденности, а также ремонтно-восстановительными работами на участках с недопустимо низкой статической прочностью. Распространенными дефектами трубопроводов являются внешние поверхностные локальные потери металла коррозионной природы, вызванные действием агрессивных сред.

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества неразрушающего контроля на объектах нефтегазодобывающего оборудования.

На основании проведенного анализа были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы: 1) анализ и обоснование методик контроля качества при диагностике и ремонтной сварке трубопроводов; 2) оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений; 3) оценка экономической эффективности предложенных технических решений.

Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 5,3 млн. рублей.

Пояснительная записка включает 61 страниц, графическая часть состоит из 6 листов формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ состояния вопроса	
1.1 Сведения о трубопроводе	7
1.2 Сведения о материале трубопровода	10
1.3 Сведения о базовом процессе контроля и ремонта	11
1.4 Анализ содержания источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки трубопроводов	19
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	21
2 Технология неразрушающего контроля состояния труб	
2.1 Общая информация о методе	22
2.2 Сущность метода	24
2.3 Виды отражателя на трубопроводе	26
2.4 Чувствительность предлагаемого метода	27
2.5 Представление информации о несплошностях	29
2.6 Методика комплексного контроля трубопровода	32
3 Безопасность и экологичность технического объекта	
3.1 Технологическая характеристика объекта	35
3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса	37
3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков	38
3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки	40
3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений	41
3.6 Заключение разделу	42

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы	
4.1 Исходные данные для выполнения расчетов	43
4.2 Расчёт фонда времени	45
4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса	46
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	49
4.5 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям	53
4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии	55
4.7 Заключение по экономическому разделу	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	59

ВВЕДЕНИЕ

При изготовлении конструкций доминирующим технологическим процессом является сварка. Правильно подобранная технология сварки позволяет создавать прочные и надежные сварные конструкции, работающие без аварий в течение длительного периода времени. Об этом свидетельствует вся отечественная и мировая практика создания сварных конструкций.

В то же время неумелое применение сварки или осуществление ремонтных работ на ее основе может привести к серьезным последствиями, особенно спустя некоторое время после ввода конструкции в эксплуатацию. Сварка имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать при ее применении.

Поддержание работоспособности промышленных трубопроводов связано с комплексом мероприятий по неразрушающему контролю их фактического состояния, оценкой остаточного ресурса с учетом обнаруженной эксплуатационной поврежденности, а также ремонтно-восстановительными работами на участках с недопустимо низкой статической прочностью. Распространенными дефектами трубопроводов являются внешние поверхностные локальные потери металла коррозионной природы, вызванные действием агрессивных сред.

В зоне высоких температур, вызванных сваркой, происходят физико-химические превращения. Картина усложняется тем, что в это же время в материале протекают интенсивные пластические деформации из-за неравномерности его нагрева. Пластические деформации, усадка сварного шва вызывают существенные поперечные укорочения. Постепенное в процессе охлаждения формирование поля остаточных напряжений и физико-химические процессы, протекающие в материале в это же время, могут привести к появлению трещин. Трещины могут появиться и в процессе выполнения сварного шва, когда соотношение между прочностными

свойствами материала и достаточно высокими растягивающими остаточными напряжениями может стать неблагоприятным.

Существенным воздействием остаточных сварочных напряжений на работоспособность конструкций является понижение коррозионной стойкости материалов. Растягивающие напряжения способствуют движению и концентрации вредных примесей, понижающих сопротивление материала действию знакопеременных нагрузок и нагрузок, действующих на конструкцию при низких внешних температурах. Поэтому перед изготовлением конструкции необходима тщательная проработка ее проекта, анализ применяемых для ее изготовления материалов и правильный выбор технологии ее изготовления, учет указанных на схеме явлений с тем, чтобы конструкция отвечала техническим условиям ее эксплуатации и имела достаточно продолжительный ресурс. Однако полностью ликвидировать воздействие сварки на сварное соединение удается не всегда. В первый начальный период эксплуатации конструкции эти недостатки сказываются незначительно. С течением времени в материале происходят необратимые процессы, которые, в конечном счете, могут привести к таким изменениям, которые не учитывать нельзя.

При этом на первое место выходит процесс выявления в материалах трещин и им подобных дефектов, их идентификация и оценка. Эта часть диагностических работ является коренным вопросом процедуры оценки состояния конструкций и сооружений, особенно тех, которые длительное время находились в эксплуатации, она оказывает решающее влияние на всю дальнейшую процедуру контроля [1]

В связи с этим актуальной следует признать **цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества неразрушающего контроля на объектах нефтегазодобывающего оборудования.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Сведения о трубопроводе

В соответствии с ГОСТ 57955-2017 промышленные нефте- и газопроводы относятся к зданиям и сооружениям газонефтедобывающих производств. Общая протяжённость промышленных трубопроводов ПАО «Газпром нефть» составляет порядка 12 тыс. км. Основную долю в структуре фонда занимают нефтесборные сети (35%). На напорные нефтепроводы приходится 21% парка, водоводы высокого давления – 26% (рис. 1.1 а). По сроку эксплуатации трубопроводный парк приблизительно в равных долях разделен на следующие возрастные категории: до 5 лет, 5-10 лет, 10-15 лет и свыше 20 лет (рис. 1.1, б).

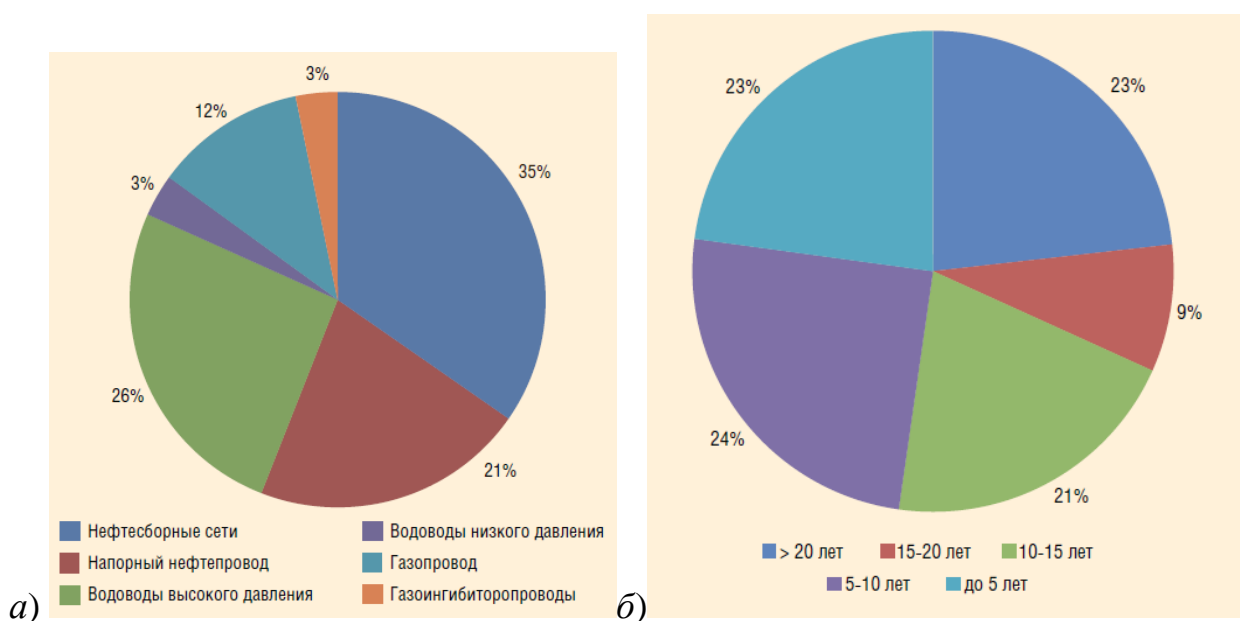


Рисунок 1.1 Технологический состав действующих трубопроводов (а) и парк действующих трубопроводов (б) ПАО «Газпром нефть»

Рассматриваемый промышленный нефтепровод (рис. 1.2) высокого давления является нефтяным сборным коллектором диаметром 1020 мм и относится к I классу трубопроводов в соответствии с СП 284.1325800.2016 «Трубопроводы промышленные для нефти и газа. Правила проектирования и

производства работ» и имеет толщину 14 мм. Скорость движения нефти составляет 5...9 км/ч.



Рисунок 1.2 – Промысловый нефтепровод диаметром 1020 мм

Все трубы, из которых состоят трубопроводы, имеют дефекты, не обнаруженные при входном контроле металла листов, из которых формируется труба, и появившиеся при изготовлении и сварке их в трубопровод. Все эти допустимые дефекты присутствуют в каждой трубе в разном количестве.

Факторами, ограничивающими длительность эксплуатации трубопроводов, являются как развивающиеся многочисленные врожденные дефекты, так и процессы стресс-коррозии, деградации материалов, усталостные и электрохимические процессы. поэтому регулярная диагностика, эффективная организация наблюдения за состоянием труб являются основными мероприятиями по поддержанию работоспособности конкретных труб трубопроводов.

При анализе результатов расследования аварий, которые произошли за последние годы на промысловых и магистральных нефтепроводах, были выявлены основные причины, которые привели к возникновению аварийной ситуации (рис. 1.3) [5]. Полученные статистические данные по авариям нефтепроводов выявили 8 групп факторов, которые приводят к аварийной ситуации (рис. 1.4).

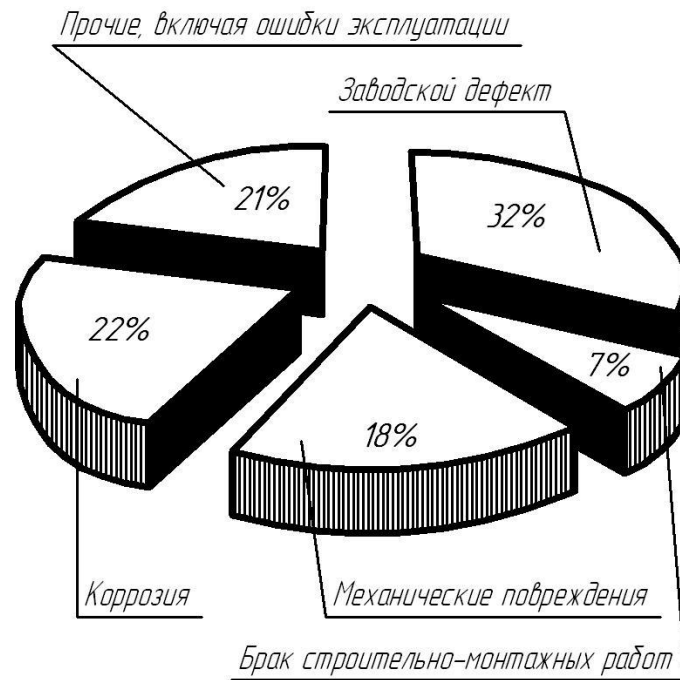


Рисунок 1.3 – Распределение аварий на нефтепроводах

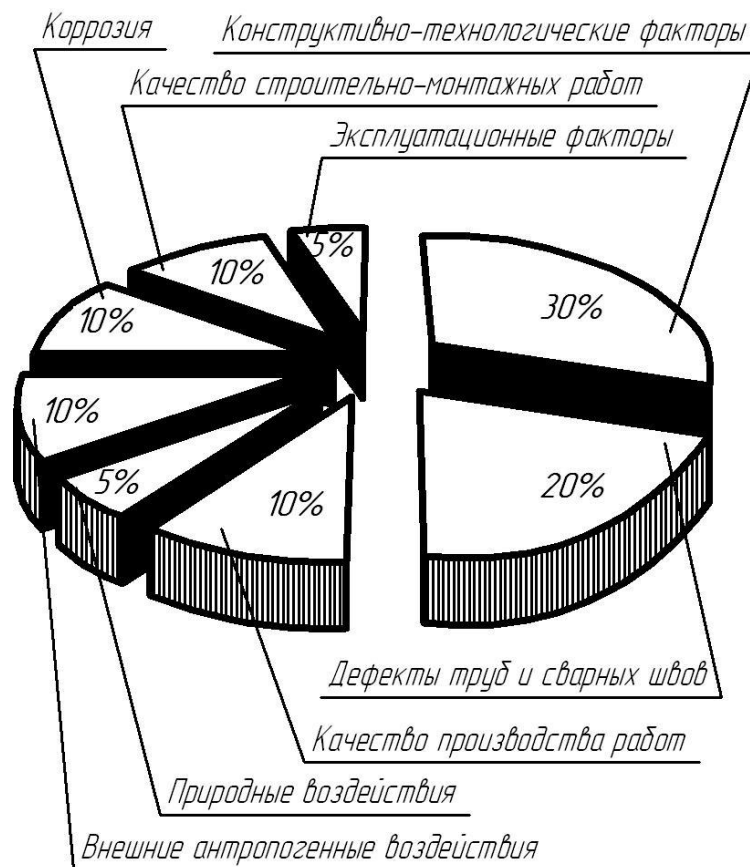


Рисунок 1.4 – Группы факторов аварийности магистральных нефтепроводов

Чистые нефтепродукты неэлектропроводны, и поэтому электрохимическая коррозия в них невозможна. Однако в нефтепродуктах постоянно присутствие коррозионных агентов (воды и кислорода), их количество достаточно для вызывания коррозии на внутренней поверхности нефтепроводов. Коррозия донной части нефтепровода протекает вследствие присутствия в нем подтоварной воды, содержащей растворенные соли и кислоты.

Особо опасными для нефтепровода с точки зрения коррозии являются участки на понижениях рельефа, на которых выполняется поворот (кривые вставки) трубопровода. Также механические и коррозионные дефекты сварных монтажных швов увеличивают скорость коррозии из-за задерживания в них влаги и соли, при этом ускорение локальных коррозионных процессов происходит в десятки и сотни раз. В таких условиях активизируется биологический фактор, весьма вероятно также изменение природы коррозионного процесса: кислородная деполяризация может переходить, например, в водородную за счет изменения уровня pH внутри дефекта.

1.2 Сведения о материале трубопровода

Для изготовления рассматриваемого трубопровода применяется сталь 17Г1С (табл. 1.1).

Таблица 1.1 – Химический состав стали 17Г1С (ГОСТ 19281-79) [3]

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

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 17Г1С [4]

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5
-	МПа	МПа	%
Лист, ГОСТ 5520-79	510	345-355	23
Трубы, ГОСТ 10705-80	490	343	20

Пригодность стали к сварке определяется испытаниями на свариваемость, которая в большинстве случаев подменяется испытаниями на склонность к образованию трещин различного типа. Например, для сварных соединений углеродистых и легированных сталей используют такие показатели, как сопротивляемость образованию горячих трещин, холодных трещин, ламелярных трещин, трещин отпуска и др. [2].

Сложностями при сварке конструкций из стали 17Г1С являются:

- высокая вероятность получения холодных трещин;
- влияние концентраторов напряжения на возможное разрушение конструкций;
- высокая вероятность получения горячих трещин;
- из-за разупрочнения околошовной зоны становится невозможным получить металл сварного соединения схожим со свойствами основного металла.

Холодные трещины наиболее часто возникают по причине закаливаемости стали при быстром охлаждении и насыщении металла шва и зоны термического влияния водородом. Они, как правило, зарождаются по истечении некоторого времени после сварки и наплавки (замедленное разрушение) и развиваются в течение нескольких часов или даже суток.

1.3 Сведения о базовом процессе контроля и ремонта

1.3.1 Общие сведения о технологии сварки

При ремонте дефектных секций и отдельных дефектов на нефтепроводах применяются следующие методы:

- шлифовка;
- заварка;
- установка ремонтной конструкции;
- вырезка.

Выполнение заварки разрешено при ремонте дефектов стенки трубы, имеющих тип "потеря металла" (коррозионные язвы, риски), для которых

остаточная толщина стенки составляет не менее 5 мм. Ремонтную заварку можно применять также по отношению к дефектам типа "аномалия поперечного сварного шва" (наличие пор, выходящих на поверхность, подрезов, недостаточного усиления, недостаточной ширины шва).

Заварку допустимо выполнять, при глубине и максимальном линейном размере одиночного дефекта, не превышающих допустимых величин. При этом расстояние между смежными повреждениями не должно быть менее 100 мм. Расстояние от завариваемого дефекта до сварного шва не должно быть менее 100 мм.

Ввиду существенной протяженности промышленных трубопроводных систем устранение дефектов путем капитального ремонта является трудоемким и требует длительных простоев в работе трубопровода. Одним из технологических приемов, позволяющих с минимальным снижением объемов прокачки продукта устранить обнаруженные при технической диагностике дефекты, является ремонт сваркой под давлением, в частности, сварочная наплавка. Использование локального сварочного нагрева при этом предполагает временное ослабление стенки трубопровода, что делает актуальным вопрос технологической прочности конструкции при наплавке с позиции гарантирования необходимого уровня безопасности ремонта.

1.3.2 Требования к сварочным материалам

При проведении ремонтной сварки применяют электроды, имеющие основной вид покрытия, тип Э50А и Э60.

Перед выполнением сварочных работ следует провести входной контроль электродов, который предусматривает:

- выполнение проверки сертификатов соответствия изготовителя;
- выполнение проверки сохранности упаковки;
- выполнение проверки внешнего вида электродов: прочность покрытия, отсутствие на нём поверхностных дефектов, отсутствие ржавчины на электродных стержнях.

Для выполнения наплавочных слоёв ремонтного шва используют электроды типа Э50А диаметром 2,5; 2,6; 3,0 и 3,2 мм.

Для выполнения облицовочных слоёв ремонтного шва используют электроды типа Э60 диаметром 3,0; 3,2 и 4,0 мм.

1.3.3 Сварочное оборудование

Для ремонтной сварки используются источники питания, снабженные дистанционными регуляторами силы тока сварки. Применяемый по базовой технологии выпрямитель ВД-306, предназначается для ручной дуговой сварки и резки углеродистых, легированных и коррозионностойких сталей с использованием постоянного тока и штучных электродов, имеющих основное и целлюлозное покрытие, диаметр электродов может быть 2...5 мм.

1.3.4 Подготовительные работы

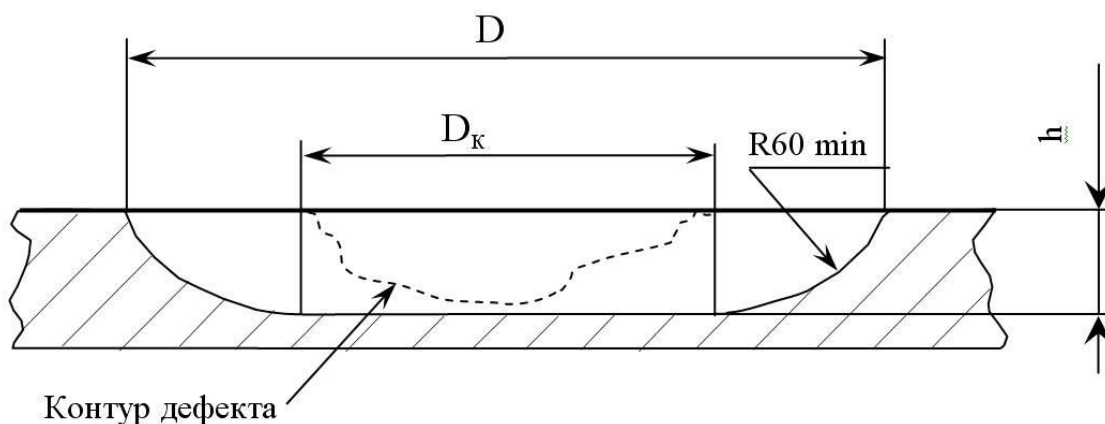
Перед выполнением ремонтной заварки дефекта на трубопроводе следует выполнить следующие подготовительные работы:

- установка места ремонта нефтепровода;
- очистить при помощи ветоши место повреждения, удалив снег, грязь, пыль;
- разместить на площадке необходимое количество основных и вспомогательных материалов, стандартное и нестандартное оборудование и механизмы;
- подготовить ремонтные материалы.

Поверхность трубопровода очищают, удаляя старую изоляцию, грязь, ржавчину, пыль, землю и наледь. Далее поверхность обезжиривают от копоти и масла, срезают острые выступы, задиры, заусенцы, закругляют края повреждённого покрытия по всему периметру и осушивают.

При подготовке выборки дефектного участка трубы выполняют удаление продуктов коррозии и слоя металла толщиной не менее 1 мм. Таким образом, получают необходимую под сварку форму. При этом выборка должна быть овальной, иметь гладкое дно и радиусом перехода к

поверхности трубы не менее 60 мм (рис. 1.5). Выборку готовят механическим способом, при задании границ выборки на трубе используют гибкие шаблоны с овальной формой.



D_k – размер удаляемого дефекта, мм;
 D – размер выборки, мм;
 h – глубина выборки, мм

Рисунок 1.5 – Выборка под заварку коррозионного или механического повреждения на поверхности трубопровода

После подготовки выборки проводят контроль её поверхности ультразвуковым толщиномером, определяя остаточную толщину стенки. Далее проводят капиллярный и ультразвуковой контроль, выявляя наружные и внутренние дефекты (расслоения, поверхностные трещины всех видов и направлений).

В качестве толщиномера используют толщиномер А1208 (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Ультразвуковой толщиномер А1208

Выборку дефектного места выполняют радиальной шлифовальной машиной ИП-2014 (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Радиальная шлифовальная машина ИП-2014

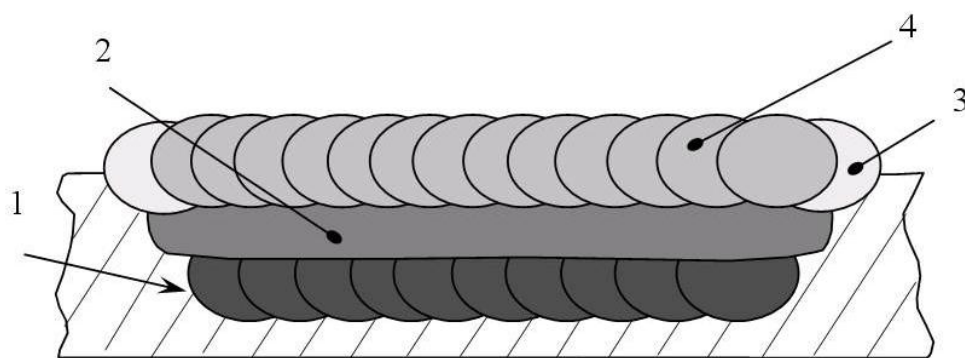
1.3.5 Предварительный подогрев

Перед заваркой выборки необходимо выполнение предварительного подогрева до температур 100...130 °С. Предварительный подогрев проводят пропанобутановыми горелками. Зоны подогрева должна иметь ширину не менее 80 мм в каждую сторону от выборки. Контроль температуры подогрева проводят на расстоянии 15 мм от разделки с использованием приборов замера температур.

1.3.6 Заварка дефекта

Сварку каждого слоя шва выборки проводят наложением узких валиков (стрингерных швов). Последовательно выполняют первый слой, заполняющие слои, контурный шов и облицовочный слой (рис. 1.8). При этом количество слоев (не считая контурного шва) должно составлять не менее трёх.

При сварке первого слоя и последующих нечетных слоев (не считая контурного шва) накладывают параллельные валики, которые располагают в поперечном направлении относительно оси трубы. Схема наложена этих валиков представлена на рисунке 1.9. Сварку осуществляют «на подъем», ширина параллельных валиков не более 10 мм, перекрытие валиков не менее 3 мм. Кратер каждого шва следует тщательно заправлять и выводить на шов, выполняя последующую зачистку с применением шлифмашинки.



1 – первый слой шва; 2 – заполняющие слои; 3– контурный шов;
4 – облицовочный слой шва

Рисунок 1.8 – Заварка выборки по слоям шва при выполнении ремонта коррозионных и механических повреждений трубопровода

Параметры режима сварки первого, заполняющих, контурного и облицовочных слоев шва представлены в табл. 1.3. При сварке применяют постоянный ток обратной полярности.

При остаточной толщине стенки трубы 5...8 мм сварку первого слоя выполняют электродами типа Э50А диаметром 2,5...2,6 мм. Сварку проводят короткой дугой с наложением поперечных колебаний электрода. Кратер по завершении заваривают без остановки процесса сварки.

Таблица 1.3 – Параметры режима сварки при заварке выборки

Наименование слоя шва	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А	Скорость сварки, мм/с
Первый слой	3,0; 3,2 (2,5; 2,6)	90 – 100 (70 – 80)	1,40 – 1,50 (1,25 – 1,40)
Заполняющие слои	3,0; 3,2	100 – 120	1,25 – 1,50
Контурный шов	3,0; 3,2	100 – 120	1,25 – 1,50
Облицовочный, слой	3,0; 3,2	100 – 120	1,25 – 1,50

При сварке второго слоя и последующих четных слоев (за исключением контурного шва) применяют схему, представленную на рисунке 1.9. При сварке накладывают валики, имеющие ширину до 10 мм и перекрытие не менее 3 мм. Направление наложения валиков – параллельно

продольной оси трубы в направлении потока (движения) нефти. Кратер каждого шва следует тщательно заплавлять и выводить на шов, выполняя последующую зачистку поверхности.

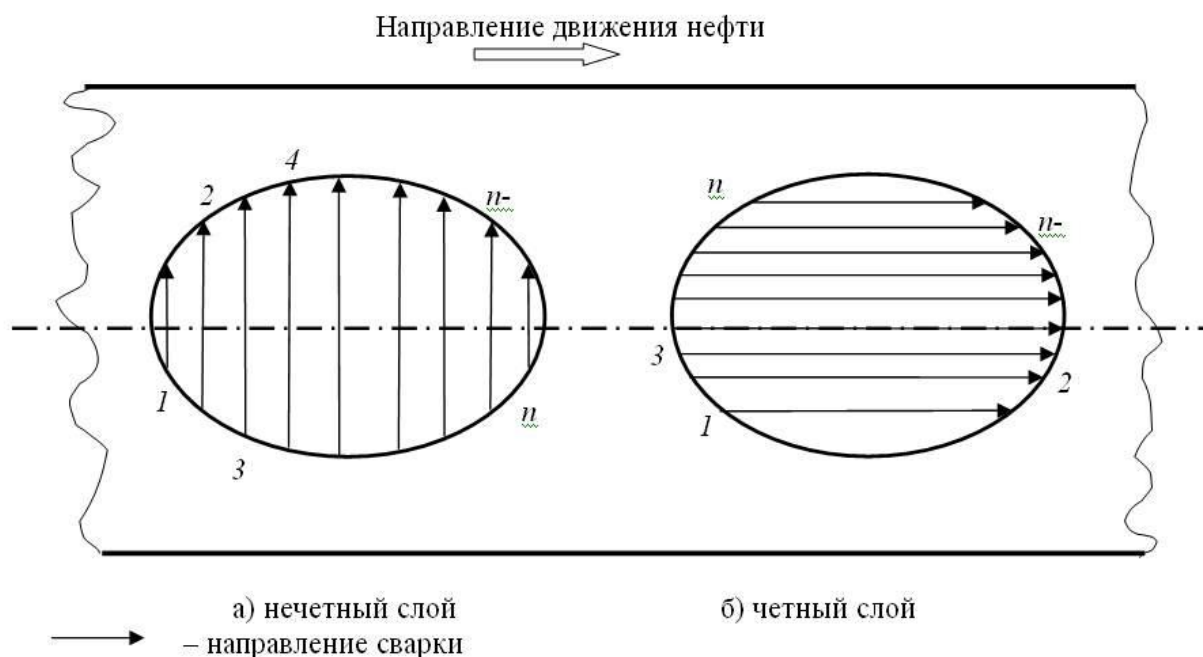


Рисунок 1.9 – Наложение валиков четных и нечетных слоев шва

Наложение контурного шва осуществляют до сварки облицовочного слоя и после сварки всех заполняющих слоев. При сварке контурного шва выполняют поперечные колебания электрода, перпендикулярные к граничной линии выборки. У контурного шва ширина должна составлять 8...12 мм, переход к основному металлу должен быть плавным. Не допускаются подрезы на основном металле трубы.

Структура сварного шва должна быть мелкочешуйчатой. Гребень должен превышать впадину не более чем на 1 мм. Не должно быть выхода облицовочного слоя шва на основной металл трубы за пределы контурного шва.

После завершения сварки следует обработать шов выборки шлифовальным кругом, получая гладкую форму поверхности и высоту усиления 1,0...1,5 мм (рис. 1.10). Доводят поверхность шва с использованием дисковой металлической щетки или напильника. При этом допускается шероховатость поверхности Rz 40.

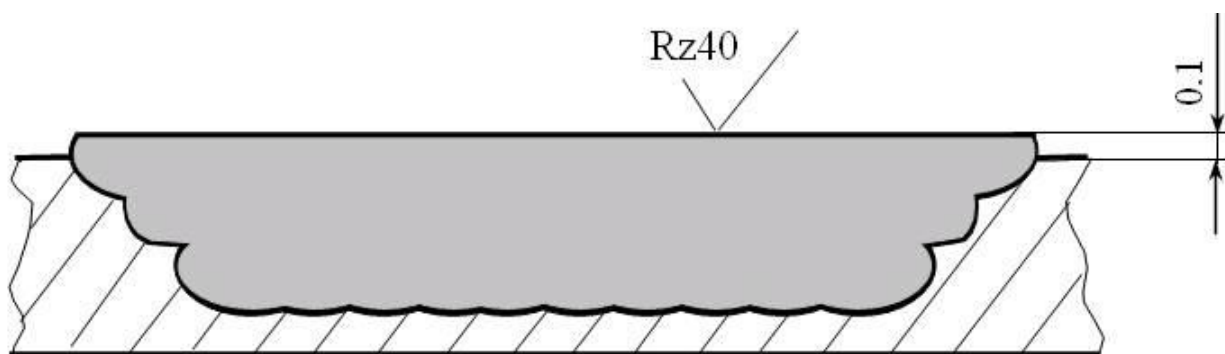


Рисунок 1.10 – Заварка выборки после механической обработки

1.3.7 Контроль качества

Для проведения неразрушающего контроля применяют:

- визуально-измерительный контроль;
- ультразвуковой контроль;
- контроль проникающими веществами.

Применение визуально-измерительного контроля и контроля проникающими веществами осуществляется при выявлении поверхностных дефектов и дефектов, выходящих на поверхность. Ультразвуковой контроль применяют при выявлении внутренних дефектов.

Проведение контроля проникающими веществами и ультразвукового контроля происходит после получения положительных результатов по результатам визуального и измерительного контроля.

При помощи ультразвукового контроля выявляют внутренние дефекты: трещины, расслоения, непровары, несплавления, подрезы корневого слоя шва, одиночные поры и сетки пор, шлаковые включения.

Контроль проникающими веществами позволяет выявлять поверхностные дефекты (трещины, свищи, несплавления, подрезы, незаваренные кратеры).

При проведении визуально-измерительного контроля длина контролируемого участка нефтепровода должна превышать длину места ремонтной заварки не менее чем на 100 мм в каждую сторону.

При проведении контроля проникающими веществами и ультразвукового контроля границы контролируемого участка должны лежать не ближе 50 мм в обе стороны от границы ремонтной заварки.

1.4 Анализ содержания источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки трубопроводов

Выполнен поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу поиска и ремонта дефектов трубопроводов. Поиск будем вести в сети ИНТЕРНЕТ по ключевым словам «Сварка трубопроводов», «ремонт дефектов», «Контроль качества» «диссертация», «научная статья», «авторское свидетельство», «патент».

В первой работе [1] рассмотрены основные методы оценки состояния материалов конструкций в условиях эксплуатации. Приведены сведения о возможностях различных методов контроля. Рассматривается метод, позволяющий на основе данных акустической эмиссии прогнозировать разрушающую нагрузку и остаточный ресурс конструкций в обычных условиях эксплуатации.

Результаты этой работы будут использованы при анализе состояния вопроса.

Во второй работе [6] предложен комплекс средств математического моделирования процесса многопроходной сварочной наплавки дефектов утонения элементов магистральных трубопроводов с целью прогнозирования их технологической прочности и остаточного ресурса после ремонта. Для этого реализован комплексный подход численного анализа кинетики температур, напряженно-деформированного состояния и процессов вязкого разрушения материала трубопровода. Предложен численный критерий, позволяющий с небольшой консервативностью прогнозировать формирование состояния конструкции, близкого к предельному, а также гарантировать необходимую несущую способность трубопровода после

устранения обнаруженного дефекта несплошности. На примере многопроходной сварочной наплавки недопустимого дефекта утонения стенки магистрального трубопровода исследованы характерные особенности влияния основных технологических параметров на технологическую прочность конструкции и ее остаточный ресурс.

Хоть эта работа посвящена ремонту магистральных трубопроводов, однако, аналогичные работы проводятся и на промышленных трубопроводах. Поэтому результаты рассмотренной работы будут использованы при анализе состояния вопроса и составлении проектной технологии контроля и ремонта трубопровода.

В третьей работе [7] для проверки предложенной методики расчета остаточного ресурса трубопроводов с учетом поверхностных дефектов выполнены испытания двух натуральных образцов с углублениями в виде полуэллипсоида и цилиндра. Последние имитировали поверхностные коррозионные повреждения при циклическом нагружении внутренним давлением. Полученные результаты подтвердили адекватность разработанного метода оценки остаточного ресурса трубопроводов, вызванного коррозионными повреждениями.

Результаты этой работы будут использованы при обосновании актуальности выбранной темы бакалаврской работы.

В четвёртой работе [8] рассмотрена возможность заварки дефектов язвенной коррозии диаметром 12...20 мм на наружной поверхности стенки трубы магистрального нефте- и газопровода из стали 17Г1С без его остановки. Изложена общая методика выбора режимов дуговой заварки дефекта, при которых исключается прожог и разрушение в зоне сварки по механизму пластической неустойчивости при высоких температурах и за счет холодных (водородных) трещин.

Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии ремонтной сварки трубопровода.

В пятой работе [9] рассмотрены применяемые виды разметки магистральных трубопроводов, которые должны быть заменены на персональные штрих- и точечные коды труб. Это позволяет объединить информационные возможности различных систем диагностики и вести локальные ремонты без травмирования труб большими раскопами, следить за эксплуатацией труб с дефектами, степень опасности которых должна иметь цветную индикацию.

Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии ремонтной сварки трубопровода.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности и качества неразрушающего контроля на объектах нефтегазодобывающего оборудования.

В качестве объекта исследования принят промысловый нефтепровод, на котором осуществляют поиск и заварку дефектов. Базовая технология предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами и выполнение следующих операций: зачистка дефектного участка, предварительный подогрев, заварка дефекта, механическая обработка, контроль качества.

Для достижения поставленной цели следует решить задачи, направленные на повышение эффективности методики контроля качества при ремонтной сварке трубопроводов:

- 1) анализ и обоснование методик контроля качества при диагностике и ремонтной сварке трубопроводов;
- 2) оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений;
- 3) оценка экономической эффективности предложенных технических решений.

2 Технология неразрушающего контроля состояния труб

2.1 Общая информация о методе

Существенным прогрессом в развитии дистанционной дефектоскопии протяженных трубопроводов явилось развитие технологии с использованием метода дальнедействующего низкочастотного ультразвукового контроля (НЧ УЗК) направленными волнами. Основной задачей такой технологии является диагностика технического состояния трубопроводов различного назначения путем выявления уже в начальной стадии коррозионных поражений и эрозионного износа стенок труб.

Адаптация адекватного метода контроля и мониторинга технического состояния протяженных трубопроводов, каким является метод дальнедействующего НЧ УЗК направленными волнами, имеет большое значение для снижения потерь потенциально опасных продуктов, которые транспортируются по этим трубопроводам. В связи с увеличением объема транспортируемых продуктов потребность в таком добротном контроле будет со временем только возрастать. Большим преимуществом НЧ УЗК направленными волнами является возможность 100%-го охвата при контроле стенок труб по всей длине диагностируемого участка трубопровода [9].

На рис. 2.1 показан пример диагностики магистрального трубопровода с помощью низкочастотного (НЧ) [10, 11] ультразвукового контроля (УЗК). Здесь измерения, отсчет координат идет от места установки кольцевой антенны на теле трубы. Это уже какое-то более конкретное начало отсчета по телу изучаемого объекта. Метод НЧ УЗК на новых трубопроводах может дать информацию о качестве большого числа кольцевых монтажных швов магистрали до нескольких километров. Такую оценку важно делать перед опусканием трубопровода в траншею. По протяженности проникновения НЧ-колебаний в металл старых труб можно судить об износе его структуры. НЧ УЗК является дальнедействующим контролем. Он успешно применяется для диагностики различных трубопроводов, включая аляскинский нефтепровод.



Рисунок 2.1 - Низкочастотная ультразвуковая диагностика

Интересный опыт применения НЧ УЗК диагностики описан в работе [11]. Этот метод был использован для диагностики 74-х километрового промышленного трубопровода. С помощью НЧ УЗК было обнаружено 1345 дефектов с утонением стенки трубы более 20 %. Размер утонения уточнялся УЗ-толщиномерами.

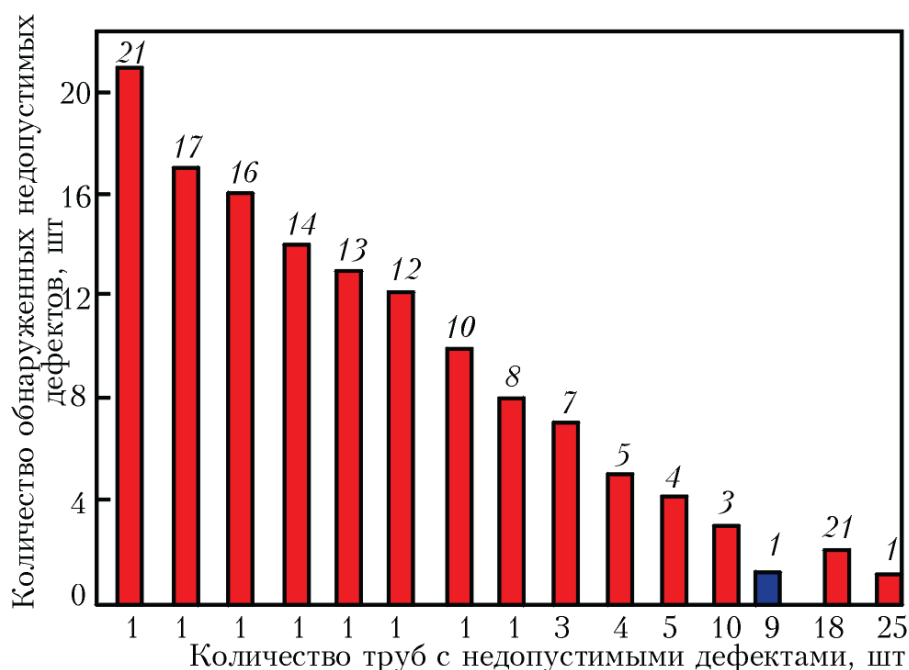


Рисунок 2.2 – Диаграмма распределения недопустимых дефектов и количества бракованных труб, шт/трубопроводов (■ – 2010 г., 9 шт., ■ – 2011 г., 263 шт.)

При этом было выделено 263 недопустимых дефекта с толщиной стенки меньше браковочного уровня и 230 дефектов с толщиной стенки, близкой к отбраковочному значению (плюс 0,5 мм). Первая группа подлежала немедленному ремонту (красный цвет), вторая – была отнесена к ближайшему плановому ремонту (оранжевый цвет). Остальные $1345 - 263 - 230 = 852$ пораженные (более 20 % толщины) места (серый цвет) должны были наблюдаться.

2.2 Сущность метода

Метод дальнего ультразвукового контроля в своей основе содержит свойства направленных волн, которые способны распространяться на большие расстояния от места закрепления датчиков [12]. Это позволяет при помощи эхо-сигналов проводить обнаружение, коррозионных поражений трубы. Термином «направленная волна» при неразрушающем контроле означают «волна с высокочастотной модой, которая распространяется вдоль трубы». Эти волны имеют малое затухание, потому что концентрация энергии при распространении волны происходит между нижней и верхней поверхностями трубы.

При НК трубопроводов направленными волнами используется именно их способность распространяться на большие расстояния, что позволяет контролировать участки трубопроводов от нескольких метров до нескольких десятков метров. Поэтому по сравнению с традиционными методами контроля производительность контроля направленными волнами намного выше, а стоимость ниже.

Принципы метода дальнего ультразвукового контроля трубопроводов отличаются от принципов традиционных методов НК. На рис. 2.3, а приведена схема контроля трубопроводов традиционными методами (ультразвуковым, вихретоковым, цифровой радиографией и т. д.), которые позволяют контролировать только небольшие по площади участки

(несколько квадратных сантиметров), находящиеся непосредственно под преобразователем. Предлагаемая схема контроля методом дальнего действующего ультразвукового контроля, принцип действия которого основан на использовании направленных волн, показана на рис. 2.3, б. Посредством этого метода можно контролировать десятки метров инженерных протяженных конструкций с одного подготовленного участка на их поверхности, даже если эти конструкции находятся под землей и имеют изоляционные покрытия. В предлагаемом методе направленная волна возбуждается пьезо- или электромагнитными преобразователями, расположенными в кольце, которое закрепляется на трубе по периметру.

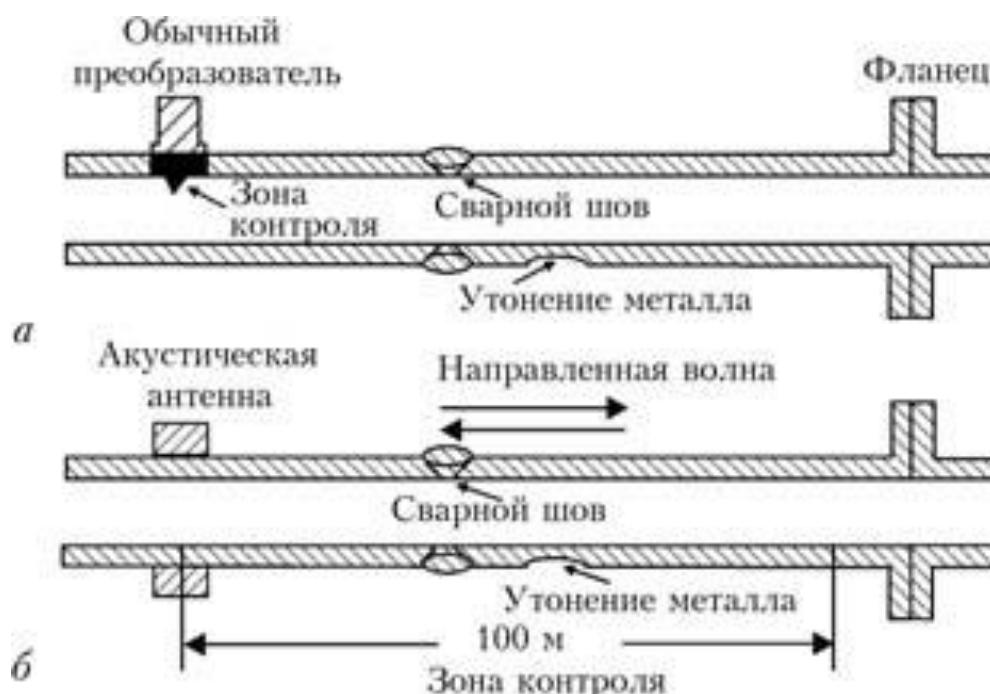


Рисунок 2.3 – Схема контроля трубопровода традиционными методами (а) и методом дальнего действующего УЗК направленными волнами (б)

Направленная волна по типу может быть продольной или крутильной. Пакетные сигналы имеют частоту от 20 до 100 кГц. Неспособности в трубе отражают ультразвук обратно на кольцо преобразователей. Время прохождения волны от кольца к дефекту и обратно к кольцу дает возможность определить местоположение дефекта в трубе с достаточной точностью (приблизительно ± 100 мм). Сварные соединения трубопроводов

являются симметричными отражателями, поэтому они симметрично отражают волны обратно к кольцу преобразователей. Такие отражатели, как коррозионные поражения, являются асимметричными отражателями и поэтому вызывают конвертацию волновой моды, что позволяет отличать их от сварных соединений. Достоверно определяются дефекты, площадь поперечного сечения которых составляет более 10 % толщины стенки трубы.

2.3 Виды отражателя на трубопроводе

Характерной особенностью протяженных трубопроводов является наличие в них различного рода несплошностей, связанных с изменением плотности материала и/или поперечного сечения стенок труб на границе их соединения и/или по длине трубы. Такие несплошности являются отражателями ультразвуковых направленных волн, которые распространяются вдоль осевой линии трубы. На рис. 2.4 приведена классификация видов отражателей в трубопроводе и схема их возможного размещения на трубе.

Все отражатели в трубопроводе можно разделить на два вида: симметричные и асимметричные. К симметричным относятся сварные швы, фланцы, опоры, патрубки и т. п., местоположение которых на трубопроводе известно согласно технической документации. Эхо-сигналы от симметричных отражателей являются важными метками для определения местоположения асимметричных отражателей. К асимметричным отражателям относятся дефектные участки трубы, обусловленные чаще всего повреждениями поперечного сечения стенки трубы из-за коррозии и эрозионного износа стенки трубы и расположенные по траектории распространения направленной волны. Коррозионные поражения стенки трубы ориентированы как вдоль окружности трубы, так и вдоль продольной оси трубы. Они могут находиться на внутренних и наружных поверхностях, однако распознать какая именно это поверхность с помощью дистанционного ультразвукового контроля невозможно. Повреждения, обусловленные

эрозионным износом стенки трубы, чаще всего ориентированы вдоль продольной оси трубы и расположены со стороны внутренней поверхности. Ассиметричные отражатели могут располагаться в различных местах трубы. Для идентификации их местоположения вдоль трубы служат эхо-сигналы от симметричных отражателей. При наличии дефектов в сварном шве, обусловленных деформацией формы шва и коррозионным поражением, они будут идентифицироваться синхронно со сварным швом.

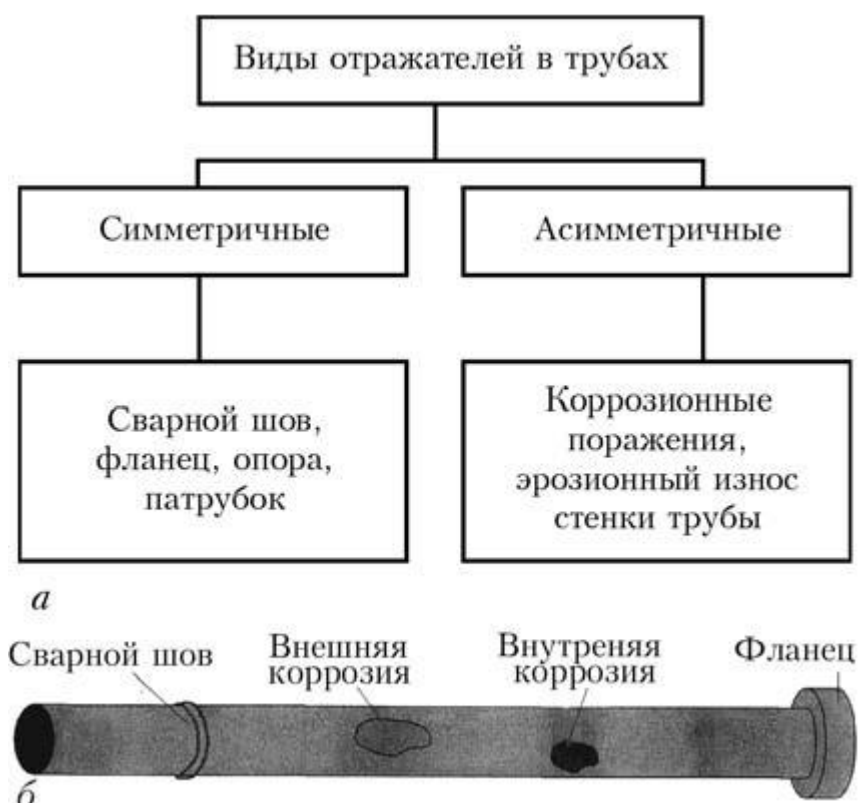


Рисунок 2.4 – Классификация видов отражателей в трубопроводе (а) и схема их возможного размещения на трубе (б)

2.4 Чувствительность предлагаемого метода

Высота отраженных эхо-сигналов, по сути, соответствует степени изменения площади поперечного сечения трубы под действием коррозии, т.е. зависит от размера дефекта. При увеличении размера дефекта увеличивается также длительность (ширина) эхо-сигнала. Соответствие амплитуды отраженных сигналов степени изменения площади поперечного сечения

трубы из-за действия коррозии является фундаментальной технологической особенностью дефектоскопии протяженных трубопроводов низкочастотными направленными волнами, которые распространяются по толщине стенки трубы вдоль ее продольной оси.

Таким образом, достоверно подтвердить наличие (отсутствие) повреждений может только соответствующая форма принимаемых отраженных сигналов.

На рис. 2.5 приведена зависимость между амплитудой отраженного сигнала и площадью дефекта как пропорцией поперечного сечения стенки трубы.

Из зависимости рис. 2.5 видно, что в диапазоне от 10 до 50 % площади пораженного дефектом поперечного сечения трубы кривая чувствительности изменяется более плавно. В диапазоне от 3 до 9 % чувствительность метода проявляется сильнее.

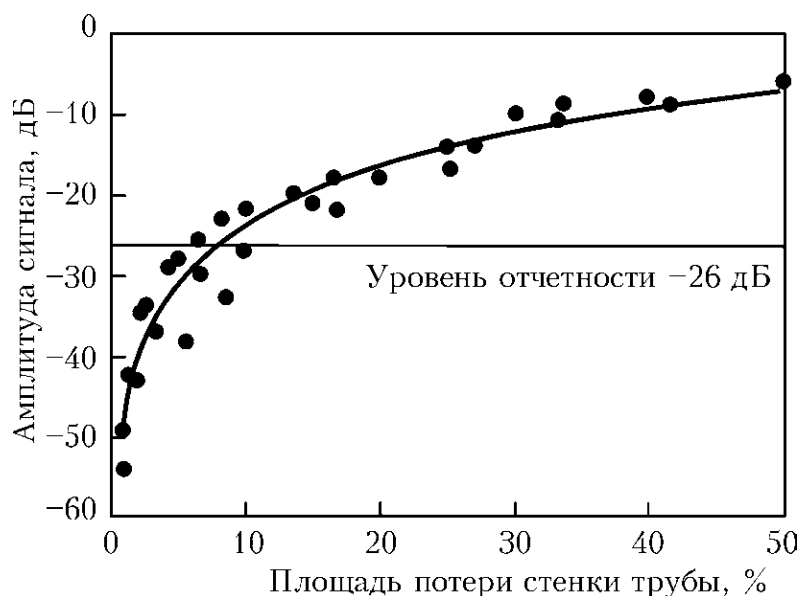


Рисунок 2.5 – Зависимость амплитуды отраженного сигнала от площади потерь металла (кружочки — отражения от дефектов; кривая — наилучшая сходимость зависимости)

Подтверждения о возможности с помощью длинноволнового УЗК обнаруживать небольшие потери металла на уровне 3 % поперечного сечения трубы приведены в более ранней работе [13]. В работе [14] также

подтверждается возможность приема отраженного эхо-сигнала от реального эталонного отражателя на уровне 4 % дефектности поперечного сечения трубы. Поэтому в системе Teletest в качестве протоколируемого уровня отраженного эхо-сигнала была принята амплитуда, соответствующая 9 % площади поперечного сечения трубы. Если четкие индикации обнаруживаются ниже протоколируемого уровня, их определяют как малые дефекты.

2.5 Представление информации о несплошностях

Приведенные выше результаты практических исследований чувствительности НЧ направленных волн при отражении от различных дефектов были использованы как база для создания технологии Teletest [15]. Teletest – это технология дистанционного НК, которая представляет собой эхо-импульсную систему для контроля больших объемов материала из одной точки установки преобразователей. Направленные волны, отраженные от дефекта, принимаются пьезопреобразователями и после усиления, обработки и подавления помех выводятся на экран персонального компьютера как выпрямленные сигналы в виде А-scan зависимости амплитуды от расстояния, подобно используемым при обычном ультразвуковом контроле, но во временном диапазоне измерения, соответствующем десяткам метров, а не сантиметров.

На рис. 2.6 приведен формат дисплея системы Teletest [15] для трубы длиной 36 м, который подобен дисплею обычного УЗК. По горизонтали – расстояние от преобразователей или начала отсчета, по вертикали – амплитуда отраженного сигнала. Дисплей А-scan используется оператором для интерпретации результатов контроля. На А-scan системы Teletest выведены четыре кривые корректировки «расстояние – амплитуда».

Кривая 1 (0 дБ) – Конец трубы или фланец играет роль почти идеального отражателя. Это можно продемонстрировать на единичном

отрезке трубы в лаборатории и использовать для установки абсолютной стандартной чувствительности. Эту эталонную величину обычно называют «отражатель 0 дБ».

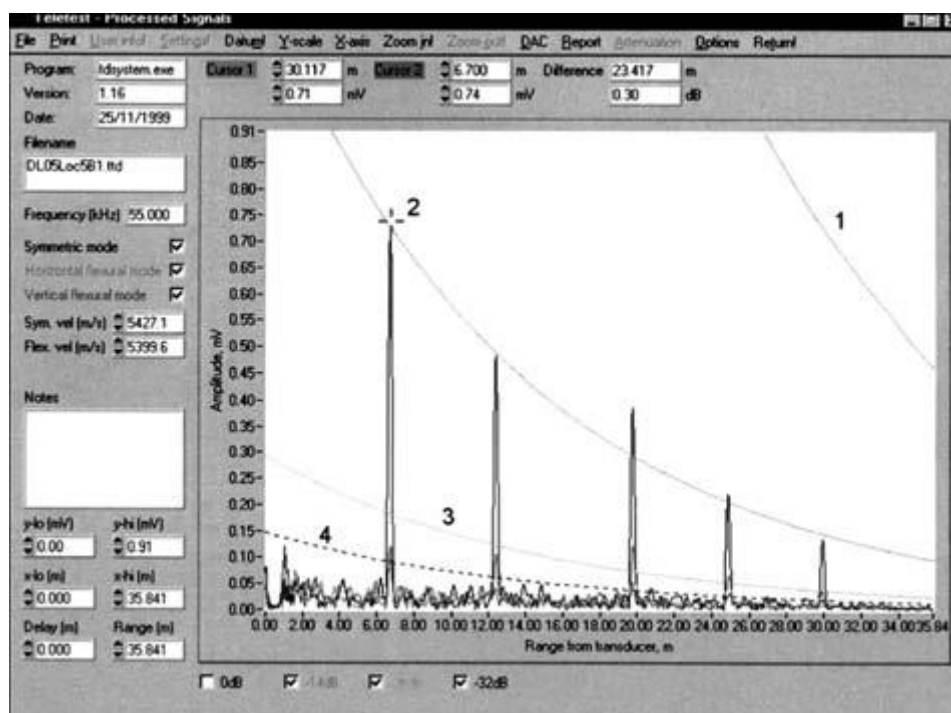


Рисунок 2.6 – Формат дисплея А-scan системы Teletest для трубы длиной 36 м

Кривая 2 (–14 дБ) – Сигналы от кольцевых сварных швов на трубе, которые постепенно затухают с расстоянием, образуют идеальные отражатели для задания кривой корректировки. Опыт использования системы Teletest показывает, что кольцевой шов с обычным профилем верхнего и корневого прохода имеет отражательную способность, эквивалентную до 20 % (–14 дБ) сигнала от конца трубы.

Кривая 3 (–26 дБ) – Явление потери металла с площадью поперечного сечения, эквивалентной до 9 % поперечного сечения стенки трубы имеет отражательную способность, эквивалентную до 5 % (–26 дБ) отражения от конца трубы. Этот пороговый уровень, видимый на А-scan в качестве кривой 3, используется для определения аномалий. Аномалии, которые дают сигналы, близкие, но не превышающие кривую –26 дБ, обычно рассматриваются как незначительные, превышающие кривую –26 дБ,

описываются как умеренные, значительно превышающие кривую -26 дБ (настолько, что они достигают линии -14 дБ), рассматриваются как серьезные;

Кривая 4 (-32 дБ) – Кривая 4 используется как детерминанта эффективного диапазона тестирования. Это позволяет выявляемой аномалии (-26 дБ) иметь коэффициент сигнал-шум 6 дБ или лучше. Такой уровень отношения сигнала к шуму необходим для эффективной интерпретации данных теста и практически играет роль предела как диапазона тестирования, так и чувствительности к меньшим аномалиям.

На дисплее ниже уровня -26 дБ записаны наложенные друг на друга три кривые, принцип образования которых при отражении направленной волны от симметричных и асимметричных отражателей приведен на рис. 2.7.

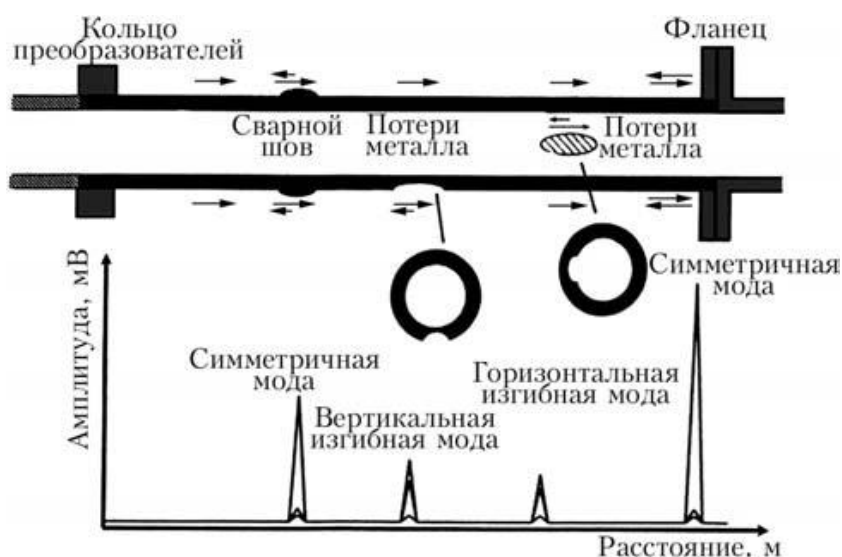


Рисунок 2.7 – Принцип отражения направленной волны от симметричных и асимметричных отражателей

Наличие уровней амплитуд (выше 9 %) мод конвертированных сигналов означает наличие дефектов и является главным фактором процесса их интерпретации в протяженных трубопроводах. Для интерпретации дефектов по отраженным эхо-сигналам оператор выбирает соответствующие сигналы на экране A-scan при помощи курсора. Программа автоматически измеряет пик сигнала как значение выше или ниже кривой корректировки –

26 дБ и расстояние до переднего края эхо-сигнала от центра линии преобразователей.

2.6 Методика комплексного контроля трубопровода

Можно сказать, что нет прямой зависимости между площадью поражения поперечного сечения трубы и глубиной утонения стенки. Направленная волна в общем случае чувствительна к изменению площади поперечного сечения в комбинации глубины поражения стенки и длины вдоль окружности трубы. Поэтому информацию о степени поражения площади поперечного сечения трубы амплитуда отраженного даёт качественную, а не количественную, по ней сложно оценить глубину поражения стенки трубы. Такую информацию могут дать другие физические средства измерения стенки трубы, например, ультразвуковая толщинометрия. На рис. 2.8 приведена схема алгоритма оценки степени дефектности и утонения стенки поперечного сечения трубы.

Пусть коррозионное поражение стенки трубы выявлено длинноволновым ультразвуковым дефектоскопом, а глубина утонения стенки измерена ультразвуковым толщиномером. О наличии коррозионного поражения и степени поражения стенки трубы судят по амплитуде отраженного эхо-сигнала, которая измеряется в мВ. Такая оценка степени дефектности стенки трубы является качественной. Величина утонения (толщина) стенки трубы измеряется в мм, поэтому оценка степени утонения стенки трубы является количественной. Между этими величинами нет полной корреляции, так как измеряются разные физические параметры. Произвести оценку глубины утонения по амплитуде сигнала в некоторой степени можно, если известен вид коррозии.

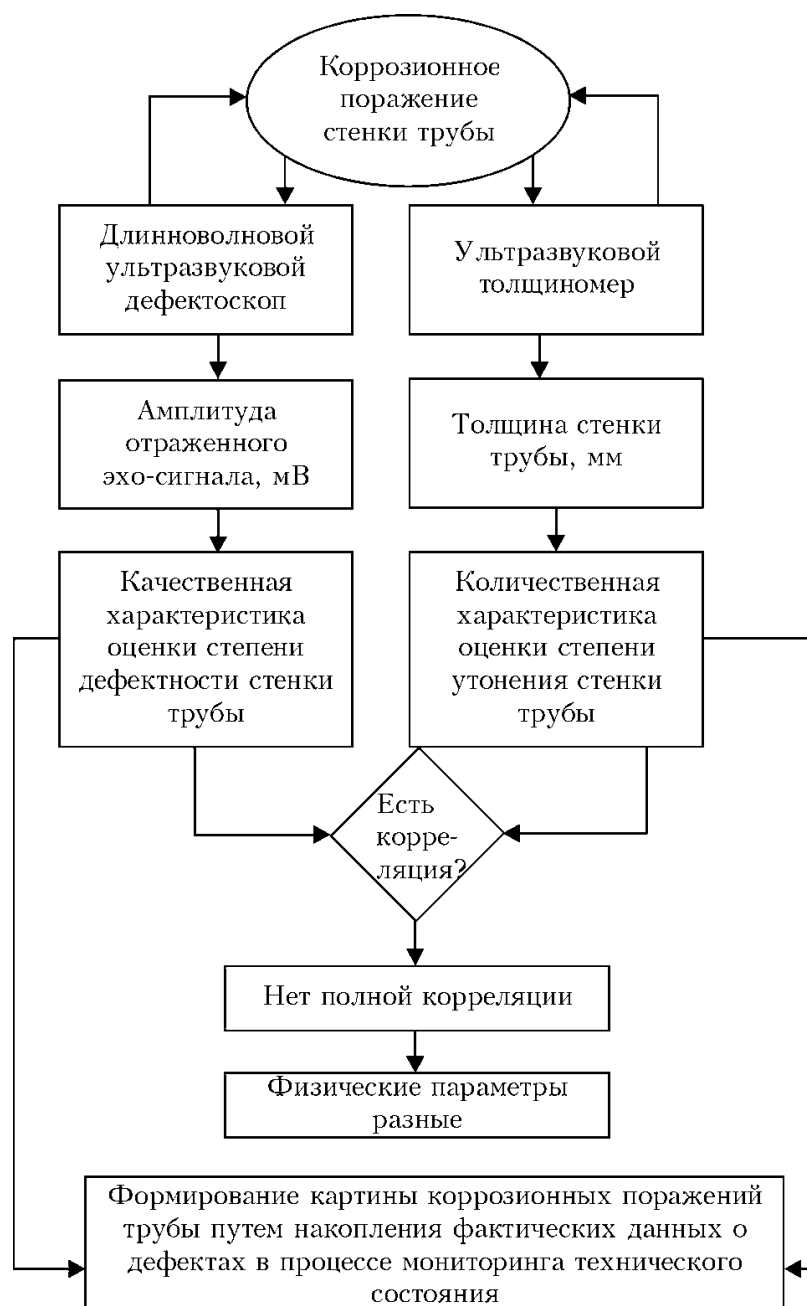


Рисунок 2.8 – Схема алгоритма оценки степени дефектности и утонения поперечного сечения трубы

Если же на практике вначале проводится первичный контроль трубопровода, выполнить это трудно. В дальнейшем такая связь может быть установлена в процессе мониторинга технического состояния трубопроводов в результате формирования картины развития коррозионных поражений, накопления и анализа фактических статистических данных о дефектах с использованием средств дальнедействующего УЗК направленными волнами

и средств локального НК. Это значит, что для решения задач технологии трубопроводов НЧ направленными волнами необходимо поддерживать обратную связь по фактическим статистическим данным, с помощью которой между данными по направленным волнам и данными по типу коррозии (степени коррозионного утонения) может быть установлена корреляционная зависимость.



Рисунок 2.9 – Комплексные методы диагностики и контроля технического состояния трубопроводов

Исходя из этого, может быть предложена общая схема комплекса методов диагностики и НК технического состояния трубопроводов различного назначения при использовании для обнаружения дефектов дальнодействующего УЗК НЧ направленными волнами, которая приведена на рис. 2.9. После полного контроля всей длины трубопровода участки, на которых была обнаружена коррозия, оценивают путем измерения толщины ультразвуковым толщиномером или другими методами контроля (радиографическим, вихретоковым), после чего при необходимости определяют точки для постоянного наблюдения и мониторинга технического состояния трубопровода.

3 Безопасность и экологичность технического объекта

3.1 Технологическая характеристика объекта

Влияние процесса сварки и контроля качества на гигиенические характеристики изучено в недостаточной мере. В экологическом разделе настоящей выпускной квалификационной работы будет выполнена сравнительная гигиеническая оценка технологии сварки и контроля качества и предложены меры защиты персонала от возникающих опасных и вредных факторов, сопровождающих проектную технологию.

Ручная дуговая сварка покрытыми электродами на сегодня востребована и, по прогнозам специалистов [16, 17], продолжит свое существование благодаря ряду преимуществ: относительно невысокой цене процесса и расходных материалов, возможности сварки во всех положениях и в труднодоступных местах, отсутствию жестких требований к квалификации сварщика. Вместе с тем уже более 50 лет продолжают поиски путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик электродов. Определены факторы, влияющие на уровень выделения аэрозоля [18], который состоит из газообразной составляющей сварочного аэрозоля и твердой составляющей сварочного аэрозоля. Одним из главных факторов, определяющим уровень удельных выделений и химический состав твердой составляющей сварочного аэрозоля, является состав электродного покрытия, поскольку именно оно при нагреве и плавлении является главным источником аэрозоля — 35...70 % от общего объема в зависимости от вида электродного покрытия [18, 19].

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Должность работника, выполняющего данную операцию рассматриваемого технологического процесса	Оборудование, устройства и приспособления, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса	Вещества и материалы, которые будут применены при реализации данной операции рассматриваемого технологического процесса
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Машинка радиальная шлифовальная	Круг абразивный
2. Проведение предварительного подогрева	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Резак газопламенный	Смесь пропан-бутановая
3. Осуществление сварки на трубопроводе	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги	Электроды LB-62
4. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист	Ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i	-

3.2 Персональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, возникающие при реализации технологического процесса

Операция, осуществляемая в рамках рассматриваемого технологического процесса	Формулировка опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Источник рассматриваемого фактора, возникающего в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса
1	2	3
1. Подготовительная операция	<ul style="list-style-type: none"> - наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения подготовительной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; 	машинка шлифовальная
2. Проведение предварительного подогрева	<ul style="list-style-type: none"> - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур 	Резак газопламенный
3. Осуществление сварки на трубопроводе	<ul style="list-style-type: none"> - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование; - нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур; - ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений; - инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной 	Источник питания сварочной дуги

	радиации	
--	----------	--

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Проведение зачистки сварного шва	- наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев; - перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений; - опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	машинка шлифовальная, зубило, молоток
5. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i

3.3 Разработанные технические и организационные предложения по уменьшению выявленных при анализе проектной технологии профессиональных рисков

Таблица 3.3 – Предложения по защите от вредных факторов производственного персонала

Перечень опасных и вредных производственных факторов, возникающих в процессе выполнения данной операции при реализации технологического процесса	Разработанные технические и организационные предложения, обеспечивающие минимальное действие вредного фактора на производственный персонал	Предлагаемые защитные средства для снижения действия вредного фактора на производственный персонал
1	2	3
1. Наличие на внешних поверхностях применяемого оборудования, приспособлений и инструмента острых кромок, заусенцев;	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
2. Перемещающиеся в процессе выполнения сборочной операции детали и узлы применяемого оборудования, приспособлений;	Ограждения перемещающихся деталей и узлов и их предохранительная окраска, предупреждающие плакаты.	-
3. Нагрев внешних поверхностей применяемого на операции оборудования, приспособлений, инструмента, свариваемых труб до высоких температур	Инструктаж производственного персонала	Защитные перчатки, защитная одежда.
4. Опасность замыкания на тело рабочего высокого напряжения, питающего производственное оборудование;	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений;	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
6. Инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	Экранирование зоны сварочных работ	Защитные перчатки и одежда, защитная маска.
7. Ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья.	Предупреждающие плакаты, обеспечение безопасного расстояния от источника излучения до оператора и безопасного времени пребывания в оператора в зоне излучения	-

3.4 Разработанные технические и организационные предложения по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Таблица 3.4 – Предложения технического характера по обеспечению пожарной безопасности на участке сварки

Средства для тушения возгораний в начальной стадии	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем пожаротушения	Системы пожарной автоматика для проведения тушения возгорания	Пожарное оборудование на участке сварки	Средства индивидуальной защиты и спасения производственного персонала	Установленный на участке инструмент для ликвидации возгораний	Системы связи и оповещения на участке сварки
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	Специализированные автомобили (вызываются)	Нет	Нет	-	План эвакуации,	Ведро, лопата, багор, топор	Тревожная кнопка

Таблица 3.5 – Анализ опасных факторов возможного пожара участка сварки

Участок, подразделение	Производственное оборудование участка	Возможный класс пожара	Опасные факторы пожара	Дополнительные проявления факторов пожара

Участок, на котором осуществляется ремонтная трубопровода	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная, источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат, аппарат рентгеновский Арина 7	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, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения.
---	--	--	--	---

Таблица 3.6 – Разработанные организационные мероприятия для исключения возгораний на участке сварки

Перечень операций, осуществляемых в рамках разработанного технологического процесса	Наименование мероприятий	Наименование противопожарного оборудования, которым должен быть укомплектован участок
Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, операция сварки стыка, контрольные операции.	Обучение производственного персонала правилам Пожарной безопасности, размещение на территории производственного участка наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности. Обучение производственного персонала действиям в случае возгорания на производственном участке в режиме учений.	Необходимо следить за наличием на участке средств, предназначенных для тушения пожара в начальной стадии, исправностью тревожной кнопки системы оповещения о пожаре.

3.5 Оценка безопасности для природной среды предлагаемых технических решений

Таблица 3.7 – Анализ негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Анализируемый технологический процесс	Операции, осуществляемые в рамках	Факторы, негативно влияющие на	Факторы, негативно влияющие на	Факторы, негативно влияющие на
---------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

	анализируемого технологического процесса	атмосферу	гидросферу	литосферу
Сварки трубопровода	Подготовительная операция, сборочная операция, операция предварительного подогрева, 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 3.8 – Предлагаемые организационно-технические мероприятия, по уменьшению негативно влияющих на природную среду факторов предлагаемых технических решений

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка трубопровода
Мероприятия, уменьшающие негативное влияние на литосферу	На участке следует установить контейнеры, обеспечивающие селективный сбор мусора бытового и мусора производственного. Кроме того, отдельный контейнер необходим для сбора металлолома. Производственный персонал следует подробно проинструктировать по правилам сбора мусора и металлолома. На контейнерах должны быть вывешены таблички, разъясняющие их предназначение. .

3.6 Заключение по разделу

При выполнении экологического раздела настоящей выпускной квалификационной работы сформулированы опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе выполнения операций при реализации технологического процесса. Выполнен поиск и анализ мероприятий, которые позволят устранить и уменьшить опасные и вредные

производственные факторы. В ходе выполнения экологического раздела удалось установить, что возникающие в процессе реализации технологии сварки и контроля, опасные и вредные факторы устраняются или уменьшаются до приемлемого уровня путём применения стандартных средств по обеспечению безопасности и санитарии производства. Применительно к рассматриваемой технологии нет необходимости в разработке дополнительных средств и методик по защите персонала и окружающей среды. При внедрении проектной технологии возможно возникновение угроз экологической безопасности. Устранение этих угроз произойдёт при условии соблюдения технологического регламента и производственной санитарии.

4 Оценка экономической эффективности выпускной квалификационной работы

4.1 Исходные данные для выполнения расчетов

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке технологических мероприятий по повышению производительности и качества операций контроля при ремонте магистрального трубопровода. Выполнение операций базового технологического процесса предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Поиск и идентификация коррозионных дефектов на трубопроводе занимает существенное время. Проектный вариант технологии предусматривает применение дальнедействующего ультразвукового контроля и дифференцированного подхода к объёму и выбору методик контроля состояния трубопровода. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

Расчёт экономической эффективности целесообразно провести на один километр обслуживаемого трубопровода, учитывая операции технологии, подвергающиеся изменению по сравнению с базовым вариантом

технологического процесса. Базовая и проектная технологии предусматривают выполнение следующих операций: заготовительной (первая операция); предварительный нагрев (вторая операция); сварочная (третья операция); механическая обработка (четвёртая операция) контроль качества (пятая операция).

В таблице 4.1 собраны и систематизированы коэффициенты, и иные данные, которые могут понадобиться при выполнении расчетов.

Таблица 4.1 – Исходные данные для выполнения расчетов

Наименование и сущность экономического показателя	Принятое в расчётах условное обозначение для показателя	Единица измерения рассматриваемого экономического показателя	Величина рассматриваемого показателя в соответствии с вариантом технологического процесса	
			Базовая	Проектная
1	2	3	4	5
Принятое число рабочих смен	Ксм	-	2	2
Значение нормы амортизационных отчислений применительно к рассматриваемому в соответствующей технологии оборудованию	На	%	21,5	21,5
Разряд сварщика	Р.р.		V	V
Значение часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на формирование дополнительной заработной платы	Кдоп	%	12	12
Величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
Величина коэффициента, определяющего долю отчислений на обеспечение социальных нужд	Ксн	%	30	30
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на амортизационные отчисления на площади	На.пл.	%	5	5
Суммарная площадь, занимаемая оборудованием для обеспечения соответствующей технологии	S	м ²	20	20
Величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
Величина коэффициента, определяющего долю затраты на осуществление монтажа и демонтажа оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Величина рыночной стоимости технологического оборудования для обеспечения соответствующей технологии: - Источник питания - Газовый подогреватель - Ультразвуковой дефектоскоп - Установка автоматического ультразвукового контроля	Цоб	Руб.	40000	40000
			10000	10000
			400000	400000
			-	2000000
			450000	2450000
Величина коэффициента, определяющего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Задаваемое значение потребляемой мощности технологического оборудования	Муст	кВт	12	12
Принятое значение стоимость электрической энергии для обеспечения соответствующей технологии	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Величина коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
Величина коэффициента полезного действия	КПД	-	0,7	0,7
Величина коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчёт фонда времени

Значение годового фонда времени, в течение которого происходит работа рассматриваемого а базовой и проектной технологии оборудования, вычисляем согласно формуле:

$$F_H = (D_P \cdot T_{CM} - D_{II} \cdot T_{II}) \cdot C, \quad (4.1)$$

где T_{CM} – продолжительность в часах рабочей смены;

D_p – суммарное для одного года число рабочих дней;

D_n – суммарное для одного года число предпраздничных дней;

T_n – предполагаемые потери рабочего в часах времени от предпраздничных дней;

C – принятое число рабочих смен.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.1) результаты вычисления:

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

Значение эффективного фонда времени, в течение которого происходит работа оборудования по базовому и проектному вариантам технологии вычисляем согласно формуле:

$$F_3 = F_n \cdot \left(1 - \frac{B}{100}\right), \quad (4.2)$$

где B – величина плановых потерь рабочего времени.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.2) результаты вычисления:

$$F_3 = 2209 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 2054 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Определение временных затрат, требуемых для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному варианту технологий выполняем согласно формуле:

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – общий объём времени, затрачиваемого работающим персоналом на операции базовой и проектной технологии;

$t_{маш}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом основные технологические операции базовой и проектной технологии;

$t_{\text{ВСП}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на подготовительные операции по базовой и проектной технологии, составляющие 10% от $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОБСЛ}}$ – объём времени, затрачиваемы рабочим персоналом на проведение обслуживания, текущего и мелкого ремонта оборудования, составляющие 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{ОТЛ}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение потребностей в личном отдыхе, составляющий 5% $t_{\text{МАШ}}$;

$t_{\text{П-З}}$ – объём времени, затрачиваемого рабочим персоналом на выполнение подготовительно – заключительных операций, составляющий 1% $t_{\text{МАШ}}$.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.3) результаты вычисления:

$$t_{\text{шт.баз}} = 48 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 58,05 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 8,47 \text{ ч.}$$

Размер годовой программы проводимого объема работ вычисляем согласно формуле:

$$П_{\Gamma} = \frac{F_{\text{Э}}}{t_{\text{шт}}} \quad (4.4)$$

где $F_{\text{Э}}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, затрачиваемое на выполнение одного стыка;

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.4)

результаты вычисления:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/58,5 = 35 \text{ км трубопровода за год;}$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/8,47 = 242 \text{ км трубопровода за год.}$$

Выполнение дальнейшего экономического расчёта будем вести исходя их принятого значения $П_{\Gamma} = 70$ км трубопровода за год.

Необходимое количество оборудования для реализации проектного и базового технологического процесса вычисляем согласно формуле::

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot ПГ}{F_{Э} \cdot K_{ВН}} \quad (4.5)$$

где $t_{шт}$ – штучное время, затрачиваемое на диагностику и ремонт 1 км трубопровода;

$ПГ$ – принятая годовая программа;

$F_{Э}$ – значение эффективного фонда времени оборудования, принимаемого для реализации проектной и базовой технологии;

$K_{ВН}$ – значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.5) результаты вычисления:

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{58,05 \cdot 70}{2054 \cdot 1,03} = 1,92$$

$$n_{РАСЧ.ПП} = \frac{7 \cdot 70}{2054 \cdot 1,03} = 0,23$$

По результатам проведённых расчётов следует принять две единицы технологического оборудования при реализации базовой технологии и одну единицу – проектной технологии.

Значение коэффициента загрузки оборудования вычисляем согласно формуле:

$$Kз = n_{расч}/n_{пр} \quad (4.6)$$

где $n_{РАСЧ}$ – рассчитанное по (4.5) количество оборудования;

$n_{ПР}$ – принятое количество оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.6) результаты вычисления:

$$Kзб = 1,92/2 = 0,96$$

$$Kзп = 0,23/1 = 0,23$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

Размер затрат на материалы, которые требуются для реализации базовой и проектной технологии, вычисляем согласно формуле:

$$M = C_M \cdot H_p \cdot K_{Т-З}, \quad (4.7)$$

где C_M – рыночная стоимость соответствующего сварочного материала;

$K_{Т-З}$ – величина коэффициента, определяющего долю транспортно-заготовительных расходов.

Выполнение базового варианта технологического процесса сварки при строительстве магистрального трубопровода предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами.

$$M_{\text{баз.}} = M_{\text{проектн.}} = 500 \text{ руб/кг} \cdot 50 \text{ кг} \cdot 1,05 = 26250 \text{ рублей}$$

Размер фонда заработной платы (ФЗП) является суммой основной зарплаты и дополнительной зарплаты. Размер основной зарплаты вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.8)$$

где $C_{\text{ч}}$ – принятая тарифная ставка;

$K_{\text{д}}$ – величина коэффициента, определяющего долю доплат к основной заработной плате.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.8) результаты вычисления:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 58,05 \cdot 200 \cdot 1,88 = 21826 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 8,47 \cdot 200 \cdot 1,88 = 3185 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы вычисляем согласно формуле:

$$З_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

где $K_{доп}$ – величина коэффициента, определяющего долю отчислений на дополнительную заработную плату

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.9) результаты вычисления:

$$З_{доп.базов.} = 21826 \cdot 12 / 100 = 2619 \text{ рублей};$$

$$З_{доп.проектн.} = 3185 \cdot 12 / 100 = 382 \text{ рублей};$$

$$\Phi ЗП_{базов.} = 21826 + 2619 = 24445 \text{ рублей};$$

$$\Phi ЗП_{проектн.} = 3185 + 382 = 3567 \text{ рублей}.$$

Размер отчислений на социальные нужды вычисляем согласно формуле:

$$О_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{сн}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на обеспечение социальных нужд.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.10) результаты вычисления:

$$О_{сс\text{баз.}} = 24445 \cdot 30 / 100 = 7333 \text{ руб.}$$

$$О_{сс\text{проектн.}} = 3567 \cdot 30 / 100 = 1070 \text{ руб.}$$

Размер затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования вычисляем согласно формуле:

$$З_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.11)$$

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$ – размер затрат на электрическую энергию;

Размер амортизации оборудования вычисляем согласно формуле:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100} \quad (4.12)$$

где $Ц_{об}$ – рыночная стоимость оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

N_a – норма амортизации технологического оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.12) результаты вычисления:

$$A_{об.б} = \frac{450000 \cdot 21,5 \cdot 58,05}{2054 \cdot 100} = 2734 \text{ рублей}$$

$$A_{об.пр} = \frac{2450000 \cdot 21,5 \cdot 8,47}{2054 \cdot 100} = 2172 \text{ рублей}$$

Размер расходов на электроэнергию вычисляем согласно формуле:

$$P_{э-э} = \frac{M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{э-э}}{КПД} \quad (4.13)$$

где $M_{уст}$ – мощность оборудования для реализации проектной и базовой технологии;

$Ц_{э-э}$ – стоимость электрической энергии при реализации проектной и базовой технологии;

КПД – значение коэффициента полезного действия оборудования для реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.13) результаты вычисления:

$$P_{э-эб} = \frac{12 \cdot 58,05 \cdot 1,75}{0,7} = 3005 \text{ рублей}$$

$$P_{э-эпр} = \frac{12 \cdot 8,47 \cdot 3,02}{0,7} = 438 \text{ рублей}$$

$$З_{об.баз.} = 2734 + 3005 = 5739 \text{ рублей}$$

$$З_{об.проектн.} = 2172 + 438 = 2610 \text{ рублей}$$

Размер технологической себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{ТЕХ} = М + ФЗП + Осс + З_{об} \quad (4.14)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.14) результаты вычисления:

$$C_{ТЕХБаз.} = 26250 + 24445 + 7333 + 5739 = 63767 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 26250 + 3567 + 1070 + 2610 = 33497 \text{ руб.}$$

Размер цеховой себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.15)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.15) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 63767 + 1,5 \cdot 21826 = 63767 + 32739 = 95506 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 33497 + 1,5 \cdot 3185 = 33497 + 4778 = 38275 \text{ руб.}$$

Размер заводской себестоимости вычисляем согласно формуле:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + Z_{\text{ОСН}} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.16)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – величина коэффициента, определяющего долю заводских расходов при реализации проектной и базовой технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.19) результаты вычисления:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 95506 + 1,15 \cdot 21826 = 95506 + 25099 = 121319 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 38275 + 1,15 \cdot 3185 = 38275 + 3663 = 41938 \text{ руб.}$$

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
Материалы	М	26250	26250
Фонд заработной платы	ФЗП	24445	3567
Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	7333	1070
Затраты на оборудовании	Зоб	5739	2610
Себестоимость технологич.	Стех	63767	33497
Расходы цеховые	Рцех	32739	4778
Себестоимость цеховая	Сцех	95506	38275
Расходы заводские	Рзав	25099	3663
Себестоимость заводская	С _{ЗАВ}	121605	41938

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектной технологиям

Размер капитальных затрат, требующихся для реализации базовой технологии, вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot C_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.17)$$

где $K_{\text{З}}$ – величина коэффициента, определяющего долю загрузки технологического оборудования;

$C_{\text{ОБ.Б.}}$ – размер в рублях остаточной стоимости оборудования, определяемый согласно сроку службы;

n – принятое количество единиц оборудования для выполнения заданной производственной программы по базовой технологии.

$$C_{\text{ОБ.Б.}} = C_{\text{ПЕРВ.}} - (C_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.18)$$

где $C_{\text{ПЕРВ}}$ – рыночная стоимость в рублях приобретения технологического оборудования для реализации базовой технологии;

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы в годах оборудования для реализации базовой технологии на начало внедрения предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений;

$N_{\text{А}}$ – норма амортизации в процентах оборудования для реализации базового технологического процесса.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) и в формулу (4.21) результаты вычисления:

$$C_{\text{ОБ.Баз.}} = 450000 - (450000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 256500 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 2 \cdot 256500 \cdot 0,96 = 492480 \text{ рублей}$$

Размер общих капитальных затрат для реализации проектной технологии вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОПР}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – принятая величина капитальных вложений в технологическое оборудование;

$K_{ПД}$ – принятая величина капитальных вложений в площади (поскольку базовый и проектный вариант технологии предполагает использование одной и той же площади, размеры площади не изменились, поэтому расчёта капитальных вложений в площади не производим);

$K_{СОП}$ – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$K_{ОБПроектно} = Ц_{ОБПР} \cdot K_{Т-З} \cdot K_{ЗБ} \quad (4.20)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.20) результаты вычисления:

$$K_{ОБПроектн.} = 2450000 \cdot 1,05 \cdot 0,23 = 591675 \text{ руб.}$$

$$K_{СОП} = K_{ДЕМ} + K_{МОНТ} \quad (4.21)$$

где $K_{ДЕМ}$ – размер затрат на демонтаж оборудования для реализации базовой технологии;

$K_{МОНТ}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования.

$$K_{ДЕМ} = Ц_{Б} \cdot K_{ДЕМ} \quad (4.22)$$

где $K_{ДЕМ}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на демонтаж оборудования.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{ДЕМ} = 2 \cdot 450000 \cdot 0,05 = 45000 \text{ руб.}$$

$$K_{МОНТ} = Ц_{ПР} \cdot K_{МОНТ}, \quad (4.23)$$

где $K_{МОНТ}$ – величина коэффициента, определяющего долю затрат на монтаж оборудования для реализации проектной технологии.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.21) и в формулу (4.22) результаты вычисления:

$$K_{МОНТ} = 2450000 \cdot 0,05 = 122500 \text{ руб.}$$

$$K_{СОП} = 45000 + 122500 = 167500 \text{ руб.}$$

$$K_{ОБЩПроектн.} = 591675 + 167500 = 759175 \text{ руб.}$$

Размер дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}}. \quad (4.24)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.24) результаты вычисления:

$$K_{\text{доп}} = 759175 - 492480 = 266695 \text{ руб.}$$

Размер удельных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{P_{\Gamma}}, \quad (4.25)$$

где P_{Γ} – принятое значение годовой программы.

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.25) результаты вычисления:

$$K_{\text{удБаз.}} = 492480/70 = 7035 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удПроектн.}} = 759175/70 = 10845 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Показатели экономической эффективности проектной технологии

Снижения трудоемкости вычисляем согласно формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штпр}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (4.26)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.29) результаты вычисления:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{63481 - 33455}{63481} \cdot 100\% = 47\%$$

Показатель повышения производительности труда вычисляем согласно формуле:

$$P_{\Gamma} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.27)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.30) результаты вычисления:

$$П_T = \frac{100 \cdot 47}{100 - 47} = 89\%$$

Снижение технологической себестоимости труда вычисляем согласно формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.31) результаты вычисления:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{63767 - 33497}{63767} \cdot 100\% = 48\%$$

Условно-годовую экономию (ожидаемую прибыль) вычисляем согласно формуле:

$$Пр_{\text{ож.}} = Э_{\text{у.г.}} = \left(C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot П_T \quad (4.29)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.32) результаты вычисления:

$$Э_{\text{у.г.}} = (121605 - 41938) \cdot 70 = 5576690 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений вычисляем согласно формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{Э_{\text{уг}}} \quad (4.33)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.33) результаты вычисления:

$$T_{\text{ок}} = \frac{759175}{5576690} = 0,2$$

Годовой экономический эффект в сфере производства вычисляем согласно формуле:

$$Э_{\text{г}} = Э_{\text{уг}} - E_{\text{н}} \cdot K_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

После подстановки соответствующих значений в формулу (4.34) результаты вычисления:

$$\text{Эг} = 5576690 - 0,33 \cdot 759175 = 5326162 \text{ руб.}$$

4.7 Заключение по экономическому разделу

Экономический раздел настоящей выпускной квалификационной работы посвящён определению основных экономических показателей, которые могут охарактеризовать проектную и базовую технологии: технологической и заводской себестоимости сварки.

В ходе выполнения расчётов установлено, что проектная технология при внедрении в производство позволит получить положительные эффекты: уменьшить трудоемкость на 47 %, увеличить производительность труда на 89 %, уменьшить технологическую себестоимость на 48 %. Размер расчётной величины условно-годовой экономии составил 5,6 млн. рублей.

Размер годового экономического эффекта, оцененный с учетом капитальных вложений в приобретаемое технологическое оборудование, составил 5,3 млн. рублей. Финансовые затраты на капитальные вложения в технологическое оборудование окупятся за 0,2 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технологических решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей выпускной квалификационной работе была поставлена цель – повышение производительности и качества неразрушающего контроля на объектах нефтегазодобывающего оборудования. В качестве объекта исследования принят промысловый нефтепровод, на котором осуществляют поиск и заварку дефектов. Базовая технология предусматривает ручную дуговую сварку штучными электродами и выполнение следующих операций: зачистка дефектного участка, предварительный подогрев, заварка дефекта, механическая обработка, контроль качества.

На основании проведённого анализа были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы: 1) анализ и обоснование методик контроля качества при диагностике и ремонтной сварке трубопроводов; 2) оценка безопасности и экологичности предложенных технических решений; 3) оценка экономической эффективности предложенных технических решений.

Проектный вариант технологии предусматривает применение дальнедействующего ультразвукового контроля и дифференцированного подхода к объёму и выбору методик контроля состояния трубопровода. Предложенные технологические решения позволят уменьшить трудоемкость выполнения сварочных работ, достичь повышения стабильности качества соединений.

В ходе выполнения экологического раздела выполнен анализ экологической безопасности предлагаемых в выпускной квалификационной работе технических решений и предложены меры по защите персонала от вредных и опасных факторов, которые возникают при реализации проектной технологии. Анализ экономической эффективности предложенных решений позволил установить, что внедрение результатов выпускной

квалификационной работы в производство позволит получить годовой экономический эффект в размере 5,3 млн. рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Недосека, А.Я. Об оценке надёжности эксплуатирующихся конструкций / А.Я. Недосека, С.А. Недосека // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2010. – № 2. – С. 7–17.

2. Костин, В.А. Математическое описание углеродного эквивалента как критерия оценки свариваемости сталей / В.А. Костин // Автоматическая сварка. – 2012. – № 8. – С. 12–17.

3. ГОСТ 19281-79. Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия

4. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

5. Анализ аварий и несчастных случаев на трубопроводном транспорте / Под ред. Б.Е. Прусенко, В.Ф. Мартынюк. – М.: ООО «Анализ опасностей», 2003.

6. Великоиваненко, Е.А. Оценка работоспособности магистрального трубопровода с локальным утонением стенки при ремонте дуговой наплавкой / Е.А. Великоиваненко, Г.Ф. Розынка, А.С. Миленин, Н.И. Пивторак // Автоматическая сварка. – 2015. – № 1. – С. 22–27.

7. Юхимец, П.С. Экспериментальное обоснование метода расчёта остаточного ресурса трубопроводов с коррозионными повреждениями / П.С. Юхимец, Э.Ф. Гарф, В.А. Нехотящий // Автоматическая сварка. – 2005. – № 11. С. 17–21.

8. Махненко, В.И. Математическое моделирование язвенных дефектов в действующих нефте- и газопроводах и разработка численного метода оценки допустимых режимов дуговой заварки дефектов / В.И. Махненко,

В.С. Бут, Е.А. Великоиваненко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2001. – № 11. – С. 3–10.

9. Троицкий, В.А. Мониторинг технического состояния магистральных трубопроводов / В.А. Троицкий // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2017. – № 3. – С. 29–39.

10. Патон, Б.Е. Основные направления работ ИЭС им. Е.О. Патона в совершенствовании неразрушающего контроля сварных соединений / Б.Е. Патон, В.А. Троицкий // Сб. материалов 8-й Национальной конференции УкрNDT – 2016. – С. 8–28.

11. Саража, С.В. Внедрение новой концепции диагностики технологических трубопроводов в ОАО «Самотлорнефтегаз» / С.В. Саража // Территория NDT. – 2013. – № 4. – С. 36–41.

12. Троицкий, В.А. О коллективном проекте стран Европы по мониторингу состояния объектов посредством дальнедействующего ультразвука (LRUCM) / В.А. Троицкий, А.И. Бондаренко, Н.В. Троицкая, А.Л. Шекеро // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2007. – № 1. – С. 17–23.

13. Mudge, P. J. A long range method of the detection of corrosion under insulation in process pipework / P. J. Mudge, A. M. Lank, D. N. Allyne. – Thepmie Project: OG474/94, 5 th European Union Hydrocarbons Symposium, Edinburg, 26–28 Nov., 1996.

14. Икэда, Т. Техника контроля направленными волнами для эксплуатационного контроля заводских трубопроводов / Т. Икэда, Р. Канэхара, М. Миядзава [и др.] // Hinakai Kensa. – 2005. – № 11. – Р. 595–599.

15. Long Lange Ultrasonic test system. Section 1. System Overview and Principles of Operation. – Sept., 2004. – 6 с.

16. Походня, И.К. Сварочные материалы: состояние и тенденции развития / И. К. Походня // Автоматическая сварка. – 2003. – № 3. – С. 9–20.

17. Маковецкая, О.К. Основные тенденции на рынке сварочной техники в 2008–2011 гг. и прогноз его развития / О. К. Маковецкая // Автоматическая сварка. – 2012. – № 6. – С. 44–50.

18. Voitkevich, V. Welding fumes: formation, properties and biological effects / V. Voitkevich. – Cambridge: Abington publ., 1995. – 110 p.

19. Походня, И.К. Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов / И.К. Походня, В.Н. Горпенюк, С.С. Миличенко [и др.]; под ред. акад. И.К. Походни. – Киев: Наук. думка, 1990. – 222 с.

20. Амирджанова, И.Ю. Правила оформление выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019. – 145 с.

21. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.

22. Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.