

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Повышение эффективности контроля качества при сварке  
магистральных трубопроводов

Студент

Р.С. Баязитов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.А. Еремичев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

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

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

(личная подпись)

«    » 20      г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

Важная роль при строительстве линейной части магистральных трубопроводов отводится дуговым способам сварки. После проведения технической диагностики и выявления дефектов возникает вопрос об их классификации, а затем и о способах ремонта объектов. Поэтому одной из первоочередных задач является обеспечение исполнителей сварочных работ ведомственной нормативно-технической документацией, разработанной с учетом передового опыта строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов, достижений научно-технического прогресса в области создания новой техники и технологий, а также международных требований и стандартов.

Цель выпускной квалификационной работы - повышение надёжности магистральных трубопроводов за счёт разработки методики контроля качества их сварки.

В проекте решены задачи:

1) Проанализировать дефекты, возникающих в процессе сварки трубопроводных систем и выявить наиболее опасные.

2) Проанализировать возможные способы повышения эффективности неразрушающего контроля для оценки качества сварки трубопроводных систем.

3) Разработать по результатам анализа перспективный способ контроля качества сварки и методику контроля.

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

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА СВАРКИ СТЫКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	
1.1 Оценка рисков при эксплуатации магистральных трубопроводов	7
1.2 Особенности выполнения операций по базовой технологии	9
1.3 Дефекты трубопроводных конструкций и причины их возникновения	14
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	18
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ ТРУБОПРОВОДОВ	
2.1 Анализ возникающих при сварке трубопроводов дефектов	19
2.2 Организация и совершенствование контроля качества сварки	25
2.3 Процессный подход к управлению качества	29
2.4 Способ контроля качества сварки трубопровода	32
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	37
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	38
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	39
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	40
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	42
3.6 Заключение по экологическому разделу	43
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	44
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	47
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	47
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	49
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	53
4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки	53
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	56
4.8 Выводы по экономическому разделу	57
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>58</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>59</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Как свидетельствуют статистические данные [1, 2], основными причинами аварий линейной части магистральных газонефтепроводов являются так называемые строительные (образовавшиеся при выполнении строительно-монтажных работ) и эксплуатационные (преимущественно коррозионные, в том числе стресс-коррозионные) дефекты. Считают, что разрушения трубопроводов, обусловленные строительными причинами, наиболее часты в начальный период их эксплуатации [2]. Для магистральных трубопроводов особую опасность могут представлять те трубы, которые уложены с нарушением проектных решений, особенно в горной, пересеченной и заболоченной местностях, а также имеющие относительные остаточные сварочные напряжения [3].

В последние десятилетия при изготовлении металлоконструкций все большее распространение получают высокопрочные низколегированные (ВПНЛ) стали. Наряду с расширением объемов потребления сталей этого класса, можно отметить возрастающие требования к уровню их механических свойств, стойкости против хрупкого разрушения, экономичности. Так, например, растущее потребление развитыми странами природного газа диктует увеличение рабочего давления транспортируемого газа от 55...75 до 100 атм и более, рост которого в трубопроводах, изготовленных из сталей категории прочности K60 (X70), приводит к увеличению металлоемкости и удельных затрат. При этом повышается уровень требований к эксплуатационной безопасности, надежности и долговечности трубопроводов, что, в свою очередь, требует увеличения ударной вязкости и сопротивления хрупкому разрушению, а также улучшения свариваемости указанных сталей [4].

В связи с резким увеличением цен на энергоносители и износом основного оборудования значительная часть предприятий нефтегазового комплекса нуждается в техническом переоснащении.

Проведение реконструкции в первую очередь связано как с необходимостью уменьшения энергозатрат при производстве того или иного вида продукции, так и с увеличением глубины переработки используемого сырья. Учитывая, что значительная часть дорогостоящего оборудования находится в эксплуатации более 20...30 лет, речь может идти только о его поэтапной модернизации.

Важная роль при строительстве линейной части магистральных трубопроводов отводится дуговым способам сварки. После проведения технической диагностики и выявления дефектов возникает вопрос об их классификации, а затем и о способах ремонта объектов. Поэтому одной из первоочередных задач является обеспечение исполнителей сварочных работ ведомственной нормативно-технической документацией, разработанной с учетом передового опыта строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов, достижений научно-технического прогресса в области создания новой техники и технологий, а также международных требований и стандартов.

Как показывает практика, используемые в настоящее время внутритрубные снаряды не позволяют обнаружить все опасные дефекты (в первую очередь дефекты сварных соединений). Степень обнаружения опасных дефектов составляет примерно 40...50 % [5]. Кроме того, сварные соединения являются наиболее весомым фактором возникновения аварий на магистральных трубопроводах [6]. Таким образом, надежность и безопасность трубопроводов в значительной мере определяется состоянием сварных соединений. Таким образом, надежность и безопасность трубопроводов в значительной мере определяется состоянием сварных соединений.

Таким образом, актуальна **цель** выпускной квалификационной работы - повышение надёжности магистральных трубопроводов за счёт разработки методики контроля качества их сварки.

# 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА СВАРКИ СТЫКОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

## 1.1 Оценка рисков при эксплуатации магистральных трубопроводов

Технический риск связан с вероятностью возникновения опасных аварий на объектах производственного назначения. Технические риски необходимо учитывать как при проектировании трубопроводов, так и при их эксплуатации [7]. Те меры, которые сейчас используются для обеспечения безопасности, на трубопроводах России, позволили снизить количество аварий в трубопроводных магистральных системах до определенного уровня. Конкретные значения представлены на рисунке 1.1 [8]. Текущие значения показателей нельзя считать приемлемыми, так как при текущем значении аварий на 100 тыс.км ежегодно происходит увеличение суммарной длина всех трубопроводов.

Проведение анализа статистических данных отказов на трубопроводах магистрального типа (в Российской Федерации) показывает, что основная причина отказов связана с дефектами строительно-монтажных работ. При этом для нефтепроводов брак строительно-монтажных работ составляет порядка 25%, а газопроводов порядка 23% [9,10].

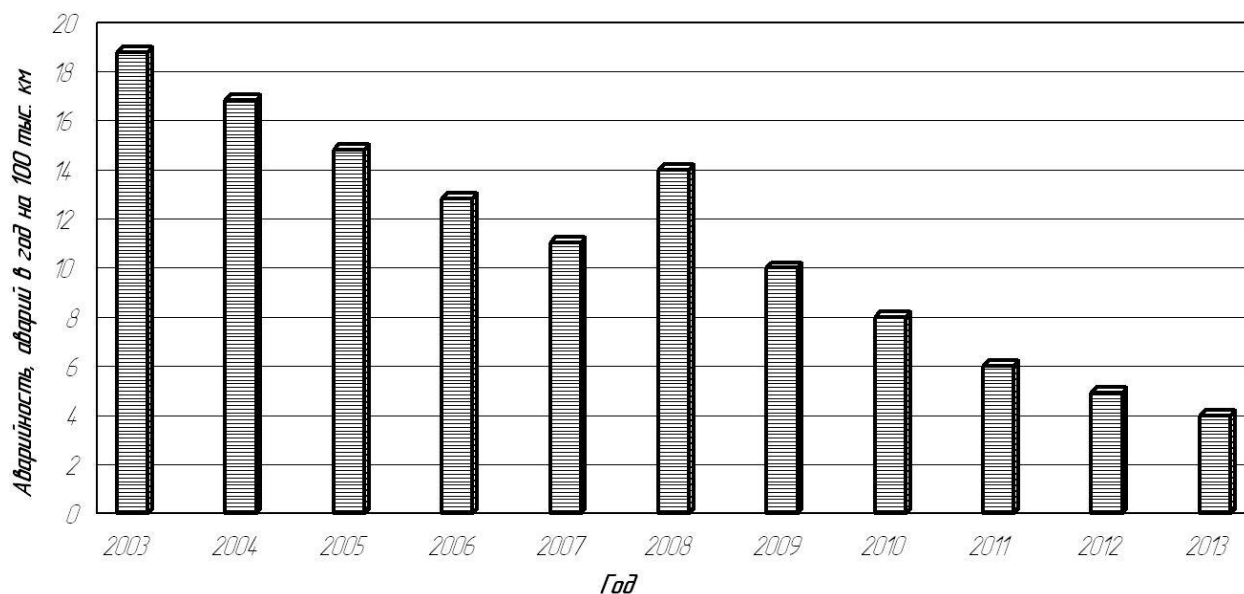


Рисунок 1.1 – Количество аварий на трубопровода в различные года [8]

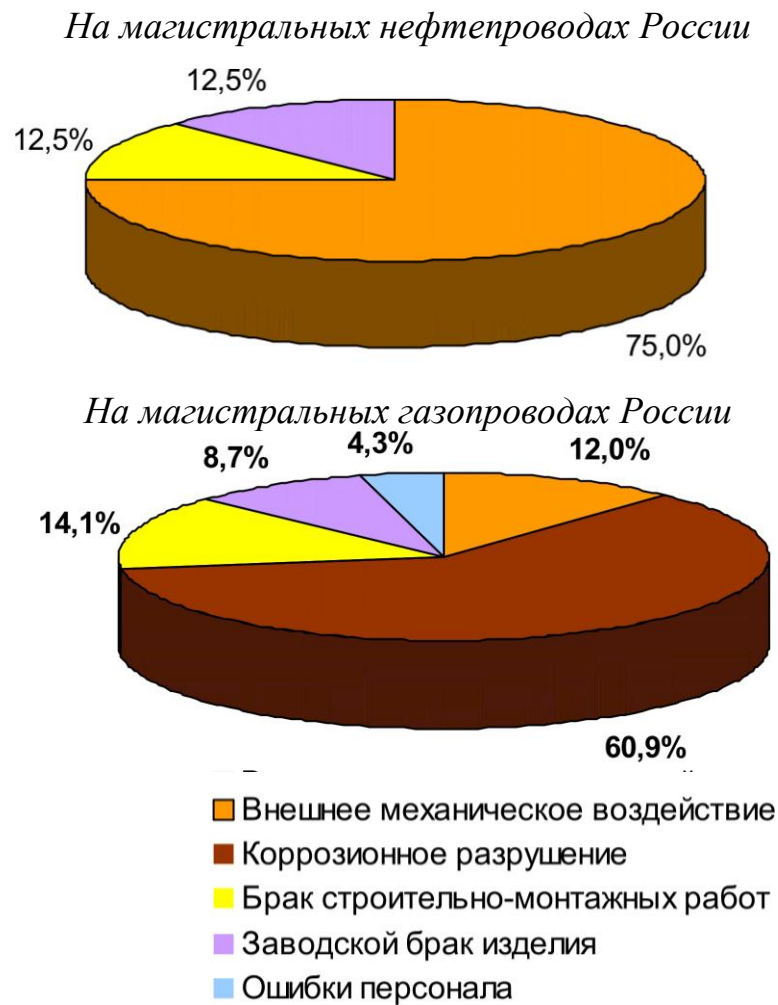


Рисунок 1.2 – Распределение причин отказов на трубопроводах в Российской Федерации

Распределение причин отказов на трубопроводах в Европе представлено на рисунке 1.3. Сравнение статистических данных по причинам отказов трубопроводов в России и в Европе показывает, что их величины сопоставимы.

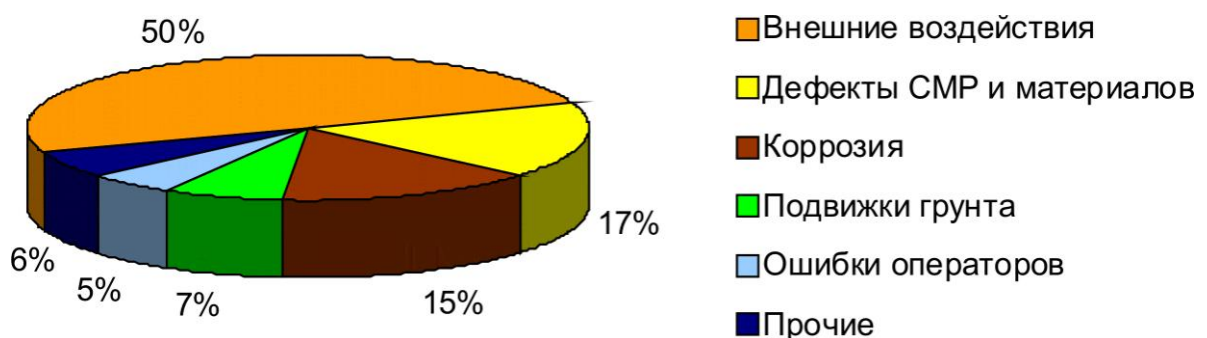


Рисунок 1.3 – Распределение причин отказов на трубопроводах в Европе



Каждый из методов неразрушающего контроля, применяемых при строительстве магистральных трубопроводов в России и за рубежом, не является универсальным. Определение необходимого метода или наборов методов для контроля качества и дефектоскопии зависит, в первую очередь, от характеристик контролируемого объекта.

## 1.2 Особенности выполнения операций по базовой технологии

Сборка и сварка стыков труб предусматривает следующую последовательность технологических операций.

### Подготовка кромок

- 1) Сначала необходимо измерить периметры соединяемых труб на торцах по внутренней и наружной поверхности. Точность измерения должна составлять не менее 1 миллиметра.
- 2) Затем следует подготовить прямую вставку (по-другому её называют катушкой). Длина катушки должна составлять не менее 1 диаметра трубы.
- 3) Далее производят обрезку конца трубы с использованием установки для газовой резки орбитального типа.
- 4) После окончания резки необходимо поверхность трубы на ширину 4 см от торца подвергнуть ультразвуковому контролю.
- 5) Если в результате контроля выявлено расслоение металла, то необходимо произвести обрезку трубы на расстоянии не менее 20 см от ее торца. После этого необходимо подвергнуть ультразвуковому контролю кромки трубы.
- 6) Чтобы восстановить геометрические параметры резаных торцов труб, необходимо воспользоваться станком для изготовления кромок. Требуемые геометрические характеристики кромок представлены на рисунке 1.4. При формировании кромок металл должен срезаться на глубину не менее миллиметра.
- 7) Также следует удалить усиление заводского продольного шва трубы до величины 0,5...1,0 миллиметра на участке шириной 1,5 сантиметра от торца.

8) На последнем этапе осуществляется механическая очистка металла, как кромок, так и прилегающих к ним наружным и внутренним поверхностям трубы на ширину  $\geq 1,5$  см до характерного металлического блеска.

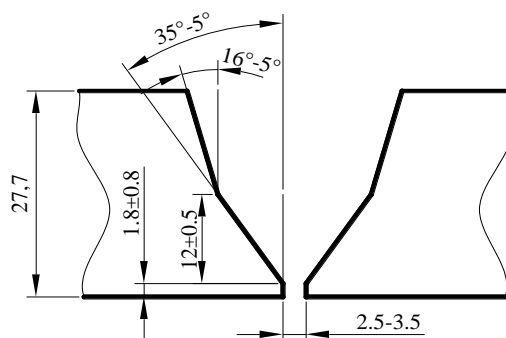


Рисунок 1.4 – Геометрические размеры кромок труб

#### Сборка стыка и выполнение прихваток

- 1) С помощью трубокладчика необходимо приподнять свободную плеть трубопровода.
- 2) Присоединить катушку к трубопроводу.
- 3) Затем следует возвести страховочную опору.
- 4) Далее выполняется сборка катушки с трубопроводом на наружном центраторе. Необходимо убедиться, что центратор не оставляет недопустимых дефектов, загрязнений на поверхности свариваемых деталей.
- 5) Затем проверяется, что величина зазора равна от 2,5 до 3,5 миллиметров.
- 6) Необходимо выполнить предварительный нагрев мест, где планируется выполнять прихватки, газопламенными горелками.
- 7) Затем сразу выполняется сварка прихваток. При этом следует использовать те же электроды и режимы сварки, какие запланированы для сварки корневого слоя шва. Количество прихваток должно быть не менее 4. При этом длина прихватки должна составлять от 0,1 до 0,2 метра. Прихватки следует равномерно распределять по периметру стыка. Расстояние от заводского продольного шва труб до прихваток должно составлять не менее 0,1 метра.
- 8) Затем выполняется проверка смещения кромок труб. К величине смещения

предъявляются следующие требования: смещение должно быть равно распределено по всему периметру, наружное смещение не должно превышать двух миллиметров, допускаются смещения до трех миллиметров, если их суммарная протяженность составляет  $\leq 0,74$  метра

#### Прогрев кромок перед сваркой

- 1) Сначала необходимо с помощью установки индукционного типа нагреть кромки до температуры, лежащей в диапазоне 100...130 °С.
- 2) Контроль процесса нагрева должен быть автоматизирован. Измерение температуры осуществляется с помощью контактного датчика, представляющего собой термопару. Термопары необходимо устанавливать в верхней и нижней точках периметра стыка. Дополнительно термопары устанавливаются на вертикальных участках периметра с отступом 10...16, а также 60...76 миллиметров в обе стороны от кромок.
- 3) После нагрева индукторы нагревающей установки снимаются или отодвигаются от стыка.
- 4) В исключительных случаях, связанных с поломкой нагревательной индукционной установки или с перебоями электроэнергии допускается производить нагрев стыков газопламенной установкой.

#### Выполнений сварки

- 1) Приступить к сварке корневого слоя допускается при температуре кромок лежащей в диапазоне 100...130 °С. Если температура кромок опустилась ниже 80 °С, то перед сваркой необходимо выполнить предварительных нагрев деталей с использованием газопламенных горелок до регламентированного диапазона температур.
- 2) При выполнении сварки коневого слоя шва необходимо с помощью механической обработки удалить прихватки.
- 3) Ослабление и снятие центрирующих приспособлений разрешается только после выполнения не менее 60% длины периметра корневого слоя шва. Перед съемом центриатора необходимо убедиться, что части корневого слоя шва равномерно расположены по всему периметру стыка.

- 4) Необходимо выполнять механическую обработку конца и начала каждого участка шва с помощью шлифмашины.
- 5) Запрещено проводить возбуждение сварочной дуги на поверхности основного металла. Дугу можно возбуждать на поверхности кромок.
- 6) Точки начала и конца сварки каждого слоя необходимо сдвигать относительно точек прохождения продольных заводских швов труб на расстояние не менее 0,1 метра.
- 7) Точки начала сварки текущего слоя должны быть сдвинуты относительно точек начала сварки предыдущего слоя на расстояние не менее 3 см, а точки начала сварки текущего слоя относительно точек конца сварки предыдущего слоя – на расстояние не менее 7 см. При выполнении многопроходной сварки точки начала и окончания сварки соседних проходов должны быть смещены на 3 см друг относительно друга.
- 8) Сварка заполняющих слоев, а также облицовочного слоя выполняется в направлении снизу вверх. Начиная со второго заполняющего слоя, сварку следует выполнять в 2 прохода. Сварку облицовочного слоя следует выполнять в 2 или 3 прохода в зависимости от положения кромок. При этом соседние валики должны перекрывать друг друга не менее, чем 1/3. При выполнении сварки облицовочного и заполняющих слоев нужно следить за температурой металла перед сваркой, которая должна лежать в диапазоне от 50 до 250 °С. Если все же температура опустилась ниже 50 градусов, то необходимо подогреть металл газопламенным горелками до температуры 100...130 °С.

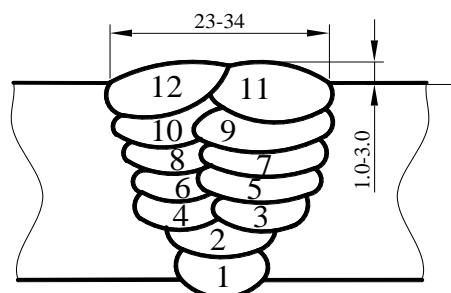


Рисунок 1.5 – Схема сварного шва трубы: количество слоев не менее 7, а количество проходов не менее 2

9) При выполнении облицовочного слоя шва необходимо убедиться, что он перекатывает основной металл трубы на величину 1,5...2,0 миллиметра в обе стороны шва. Высота усиления облицовочного слоя шва должна составлять от 1 до 3 миллиметров. Переход от основного металла к металлу шва должен иметь плавную форму.

10) После выполнения каждого слоя шва необходимо проводить очистку металла на брызг и шлаковых образований.

11) С помощью шлифовальной машинки необходимо зачистить те места облицовочного слоя шва, в которых перепад гребнем и впадиной составляет больше 1 миллиметра, места с высотой усиления больше 3 миллиметров, а также места без плавного перехода от усиления к основному металлу.

12) С помощью шлифовальной машинки на ширину  $\geq 1$  см в 2 стороны от сварного шва необходимо выполнить зачистку поверхности труб от шлаковых загрязнений и брызг расплавленного металла.

13) При наличии осадков и при температуре окружающего воздуха ниже 5 градусов тепла место сварки необходимо закрыть водонепроницаемой негорючей теплоизоляцией. Теплоизоляцию можно снимать только после полного остывания сварного шва.

Таблица 1.1 – Параметры сварки

Слой	Марка электрода	Диаметр	Полярность	Ток
Корневой слой шва	LB-62U	3.2 мм	обратная	80-120 А
Заполняющие слои шва	Pipeliner 19P			
Облицовочный слой шва	Pipeliner 19P			

## Применяемые сварочные материалы

При выполнении корневого слоя шва, по базовой технологии, предусмотрено применение электродов LB-62U класса E9016-G по AWS 5.5 японского производства фирмой KobeSteel. При выполнении облицовочного и заполняющих слоев шва используются электроды Pipeliner 19P класса E10018-D2 H4R по AWS 5.5 американского производства фирмой The Lincolne ElectricCompany.

### 1.3 Дефекты трубопроводных конструкций и причины их возникновения

Анализ причин и механизмов отказов сварных соединений трубопроводов показывает, что, как правило, разрушение начинается с поверхностных дефектов корневого слоя. Во всех случаях для обеспечения надежной и безопасной работы трубопровода необходимо предупредить развитие дефекта до сквозной трещины. Наиболее опасны плоскостные дефекты — трещины, непровары, подрезы. Одним из наиболее распространенных дефектов при сварке стыков труб является непровар корня шва. Часто указанный дефект сочетается со смещением кромок. Полностью исключить появление в монтажных стыках непровара и смещения кромок технологически сложно [11].

На рис. 1.6 показаны аномалии стыков, обнаруженные по результатам ВТД в Центральном регионе и Западной Сибири. Центральный регион взят для сравнения в качестве региона с лучшими природно-климатическими условиями эксплуатации магистрального газопровода. Особо следует отметить, что вид аномалии кольцевого сварного шва устанавливается по результатам внутритрубной диагностики и требует более точного определения с помощью средств наружной диагностики. Ограниченную возможность магнитного метода, используемого при внутритрубной диагностике, с достаточной степенью достоверности определения вида

аномалии в сварном соединении показывает первая колонка диаграммы на рис. 1.6 [12].

Серьезную опасность представляют внезапные коррозионно-механические разрушения сварных соединений и конструкций с образованием трещин магистрального типа, вызванных совместным воздействием среды и напряжений при статическом (коррозионное растрескивание), повторно-статическом и циклическом нагружениях.

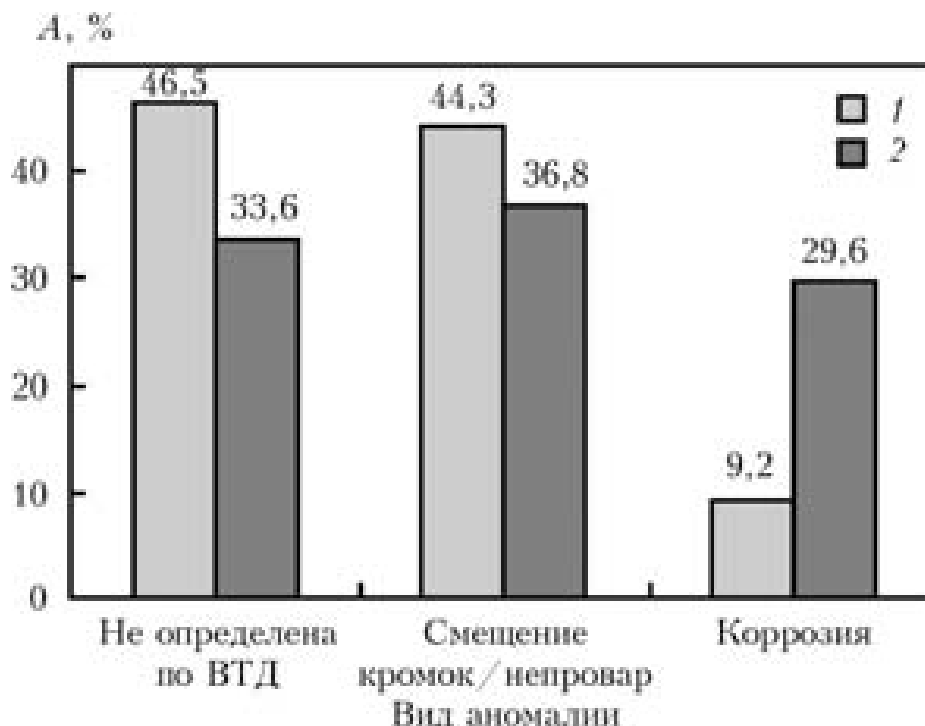

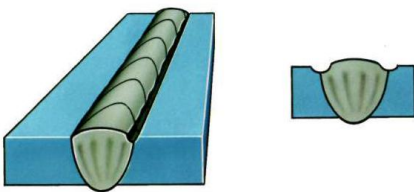
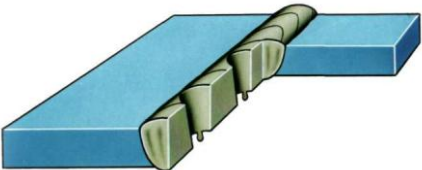



Рисунок 1.6 – Виды аномалий стыков А, выявленные в третью внутритрубную диагностику в Центральном регионе (1) и в Западной Сибири (2)

В Центральном регионе и Западной Сибири около половины всех аномальных стыков представляют серьезную опасность для эксплуатации газопроводов (непровар либо смещение кромок). Наличие такого большого количества смещений кромок и непроваров в Центральном регионе в первую очередь связано с качеством строительства, а не природно-климатическими условиями, что указывает на низкий уровень коррозии на стыках (9,3 % в Центральном регионе и 29,6 % в Западной Сибири).

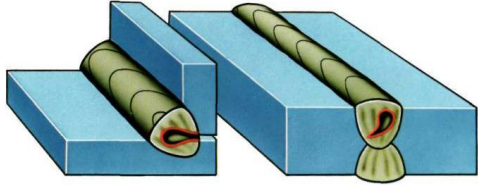
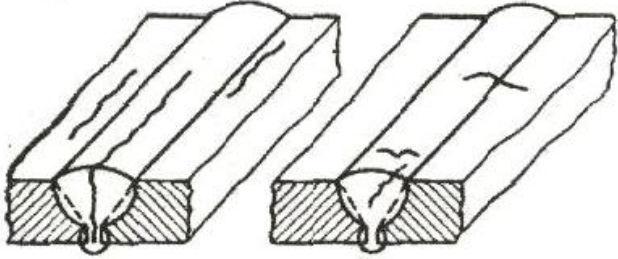

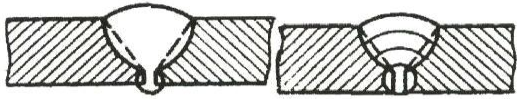
В Западной Сибири зафиксировано большое количество аномальных кольцевых сварных швов, что сопряжено со сложными природно-климатическими условиями, оказывающими существенное влияние на качество строительства и условия эксплуатации газопроводов [12].

Таблица 1.2 – Дефекты дуговой сварки

Дефекты	Эскиз, причины образования дефектов
1	2
<b>Непровары</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) неправильный выбор формы разделки;</li> <li>2) недостаточная погонная энергия;</li> <li>3) нарушение подготовки поверхностей;</li> <li>4) чрезмерная величина притупления;</li> <li>5) мала величина зазоров;</li> <li>6) смещение в процессе сварки электрода;</li> <li>7) некачественное проведение зачистки шва после выполнения прохода</li> </ol>
<b>Подрезы</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) чрезмерная величина сварочного тока;</li> <li>2) чрезмерная величина скорости сварки;</li> <li>3) чрезмерная длинная дуга;</li> <li>4) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)</li> </ol>
<b>Прожоги</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) повышенное значение погонной энергии;</li> <li>2) чрезмерный зазор;</li> <li>3) недостаточная величина притупления кромок;</li> <li>4) чрезмерное смещение кромок при сборке;</li> <li>5) коробление деталей при сварке</li> </ol>
<b>Наплывы</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) чрезмерная величина сварочного тока;</li> <li>2) чрезмерная скорость сварки;</li> <li>3) чрезмерная длина дуги (повышенное напряжение);</li> <li>4) смещение электрода при сварке;</li> <li>5) недостаточный наклон электрода (неправильное ведение)</li> </ol>



Продолжение таблицы 1.2

1	2
<b>Свищ</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) низкое качество основного металла;</li> <li>2) нарушение газовой защиты.</li> </ol>
<b>Трещины</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) превышение времени между сваркой и термообработкой;</li> <li>2) чрезмерно большая скорость охлаждения;</li> <li>3) нарушение газовой защиты;</li> <li>4) низкое качество основного металла.</li> </ol>
<b>Поры</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) применение отсыревших электродов;</li> <li>2) нарушение подготовки свариваемых кромок;</li> <li>3) чрезмерный <math>\varnothing</math> электродов;</li> <li>4) слишком длинная дуга;</li> <li>5) слишком высокая скорость сварки</li> <li>6) нарушение защитной газовой среды;</li> <li>7) низкое качество металла труб.</li> </ol>
<b>Включения</b>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1) поверхности деталей подготовлены с нарушениями;</li> <li>2) низкое качество металла труб;</li> <li>3) не соблюдение технологии сварки;</li> <li>4) нарушение газовой защиты.</li> </ol>

#### 1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В результате проведенного анализа была рассмотрена исходная сварки магистрального трубопровода. При этом используется ручная дуговая сварка. Также в результате анализа рассмотрены дефекты, возникающие в процессе сварки трубопроводных систем.

Выявлено, что основными способами контроля качества сварки магистральных трубопроводов являются: визуальный и измерительный контроль, радиографический контроль и ультразвуковой контроль.

С учетом вышесказанного сформулируем задачи ВКР:

1) Проанализировать дефекты, возникающих в процессе сварки трубопроводных систем и выявить наиболее опасные.

2) Проанализировать возможные способы повышения эффективности неразрушающего контроля для оценки качества сварки трубопроводных систем.

3) Разработать по результатам анализа перспективный способ контроля качества сварки и методику контроля.

## 2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

### 2.1 Анализ возникающих при сварке трубопроводов дефектов

На рисунке 2.1 представлена диаграмма, показывающая распределение различных видов дефектов, возникающих в очагах отказов. На основе анализа этих данных была определена вероятность отсутствия дефектов с учетом применения различных методов контроля. Полученные данные показаны на диаграмме (рис. 2.2).

При разработке нормативной документации проектировщики пытаются бороться со снижением количества отказов в трубопроводных системах путем увеличения объемов контроля в 2...3 раза. Такой подход при решении данной проблемы нельзя назвать оптимальным.

Анализ статистических данных показывает, что снижение количества отказов до такого же уровня возможно и другим способом без увеличения объема контроля – путем применения дифференциального подхода при выборе методов контроля.

Такой подход обладает следующими преимуществами, во-первых, способствует повышению качества монтажно-строительных работ трубопроводных систем, во-вторых, позволяет снизить трудоемкость и затраты на контроль.

Анализ значимости факторов на дефектность трубопроводов произведём при помощи диаграммы Парето.

Так, **диаграмма Парето** представляет собой столбчатую диаграмму, на которой значения факторов показаны в виде столбиков, причем факторы упорядочены в порядке убывания значений. На такой диаграмме под факторами могут рассматриваться, например, типы дефектов, локализация дефектов и т.п. На оси ординат данной диаграммы для каждого фактора

откладываются такие значения, например, как частота возникновения дефектов, их процентное соотношение и т.п.

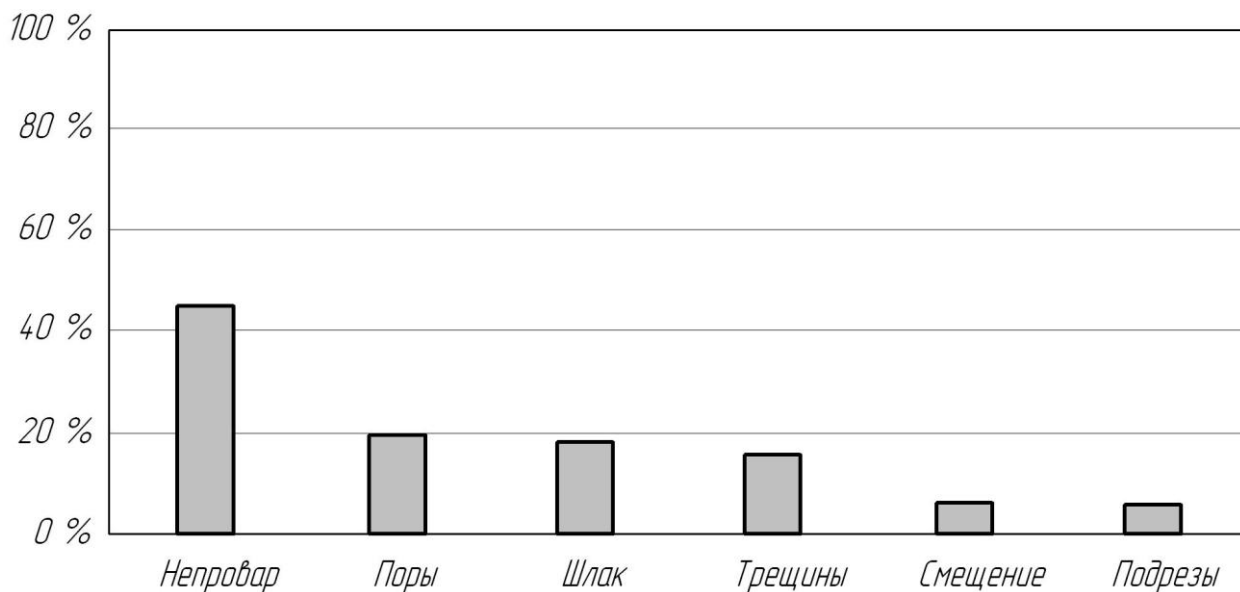


Рисунок 2.1 – Распределение дефектов в очагах отказов

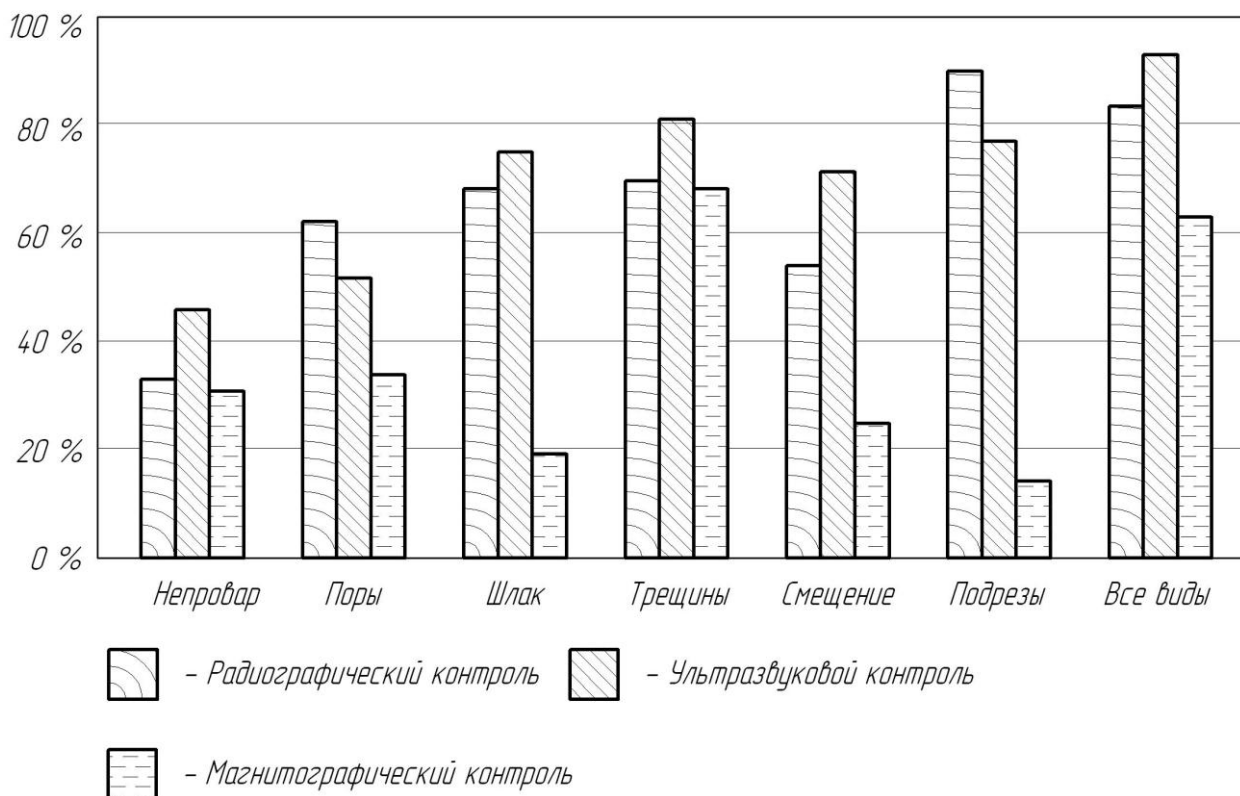


Рисунок 2.2 – Вероятность отсутствия дефектов с учетом применения различных методов контроля

Диаграмма Парето - графическая интерпретация одноименного правила. В теории менеджмента правило Парето указывает на то, что большинство несоответствий и отказов возникает из-за малого числа факторов.

Неофициальным названием правила Парето является “80 и 20”. Это означает, что если рассматривать статистические данные по дефектам трубопроводных систем, то выявиться следующая закономерность – приблизительно 80% дефектов вызывают 20% причин [5...7]. В Японии диаграмма Парето включена в состав 7 методов контроля качества (союз ученых и инженеров, 1979 г.).

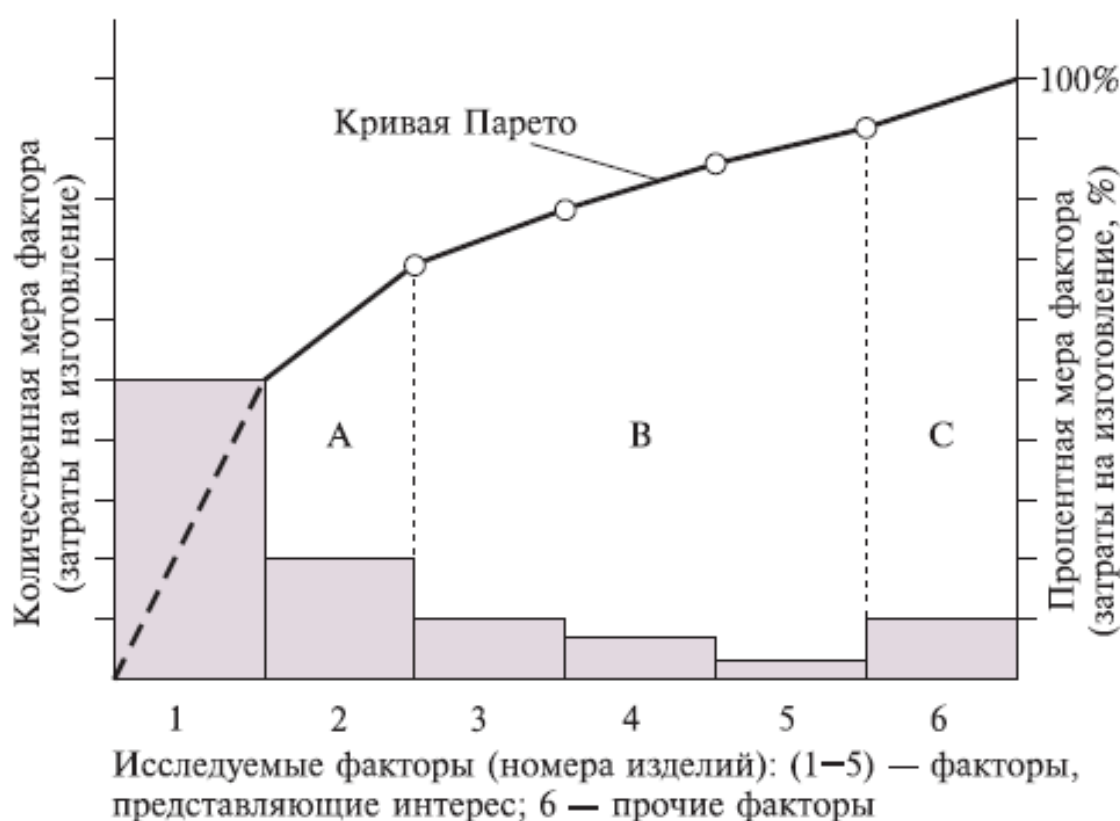


Рисунок 2.3 – Общий вид диаграммы Парето

Практическая значимость правила Парето заключается в возможности определения главных факторов, влияющих на появление отказов. Что позволяет расставить приоритет действиям необходимым для предотвращения отказов.

Также, диаграмма Парето позволяет разделить важные факторы от малосущественных.

Благодаря использованию правила Парето становится возможным фокусирование всех человеческих и аппаратных ресурсов на устранение главных факторов рассматриваемой проблемы.

Другим достоинством правила Парето является интуитивность идеи, относительная простота математического аппарата и лёгкость объяснения персоналу.

Общий вид диаграммы Парето представлен на рисунке 2.3. Рассмотрим правила построения такой диаграммы, относительно нашего случая:

- 1) Сначала необходимо определить, какая проблема будет объектом исследования, какие статистические данные необходимо собрать и как их распределить по классам факторов.
- 2) Затем требуется разработать форму регистрации исходных данных.
- 3) Собрать данные с использованием разработанной формы и подсчитать количественные показатели по каждому из факторов.
- 4) Для построения диаграммы необходимо подготовить для заполнения таблицу, содержащую в себе следующие графы по каждому фактору: процент к общему итогу, накопленная сумма числа проявлений фактора и накопленный процент.
- 5) Затем необходимо заполнить полученную таблицу рассчитанными значениями, располагая фактора в порядке уменьшения значимости.
- 6) Теперь требуется подготовить оси будущей диаграммы, которая будет состоять из 1 горизонтальной оси и 2 вертикальных осей. На первую вертикальную ось необходимо нанести деления от нуля до общей суммы количественного показателя выявленных факторов. На вторую вертикальную ось наносится шкала со значениями от 0% до 100%. Горизонтальная ось делится в зависимости от факторов, принимающих участие в исследовании.
- 7) Затем строится столбчатая диаграмма, в которой высота столбцов должна соответствовать количественному показателю проявления данного фактора.

Важным является расположения столбцов в порядке убывания количественного показателя. К последнему столбцу следует отнести все факторы, количественное проявление которых ниже установленного порогового значения. Такой столбец можно назвать как “другие” или “прочие”

8) Затем следует отобразить накопительную кривую Парето путем последовательного соединения точек накопленных сумм факторов. Такие точки следует ставить над соответствующим столбцом фактора, у правого края столбца.

9) Необходимо нанести на диаграмму обозначения.

10) Теперь можно приступать к анализу полученной диаграммы.

По описанному выше алгоритму были построены две диаграммы Паретто: для первопричин образования дефектов возникших при строительстве (диаграмма представлена на рисунке 2.4) и для видов остаточных дефектов возникших при сварочно-монтажных работах (диаграмма представлена на рисунке 2.5). Данные диаграммы использовались для анализа проблем, влияющих на качество строительство трубопроводных систем.

Благодаря диаграммам были выделены приоритетные направления направленные на модернизацию процессов контроля качества строительства трубопроводных систем.

Также определено, что наибольшее влияние на статистику отказов вносят дефекты вида скоплений пор, а также непровары.

Таким образом, можно сделать вывод, что поры и непровары являются наиболее опасными дефектами, которые чаще всего возникают и хуже всего определяются современными методами контроля.

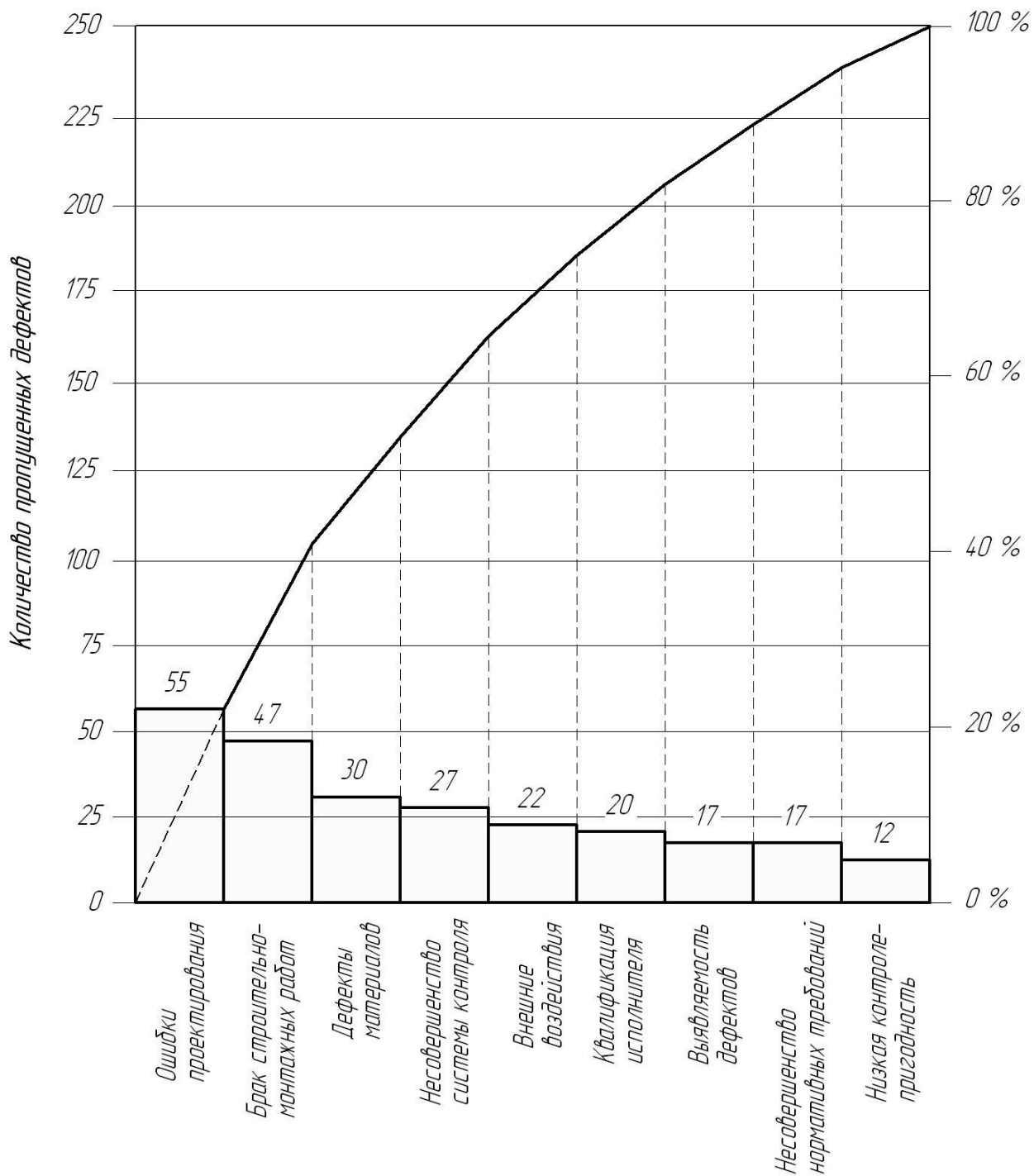


Рисунок 2.4 – Диаграмма Парето, где в качестве факторов выступают первопричины образования дефектов возникших при строительстве



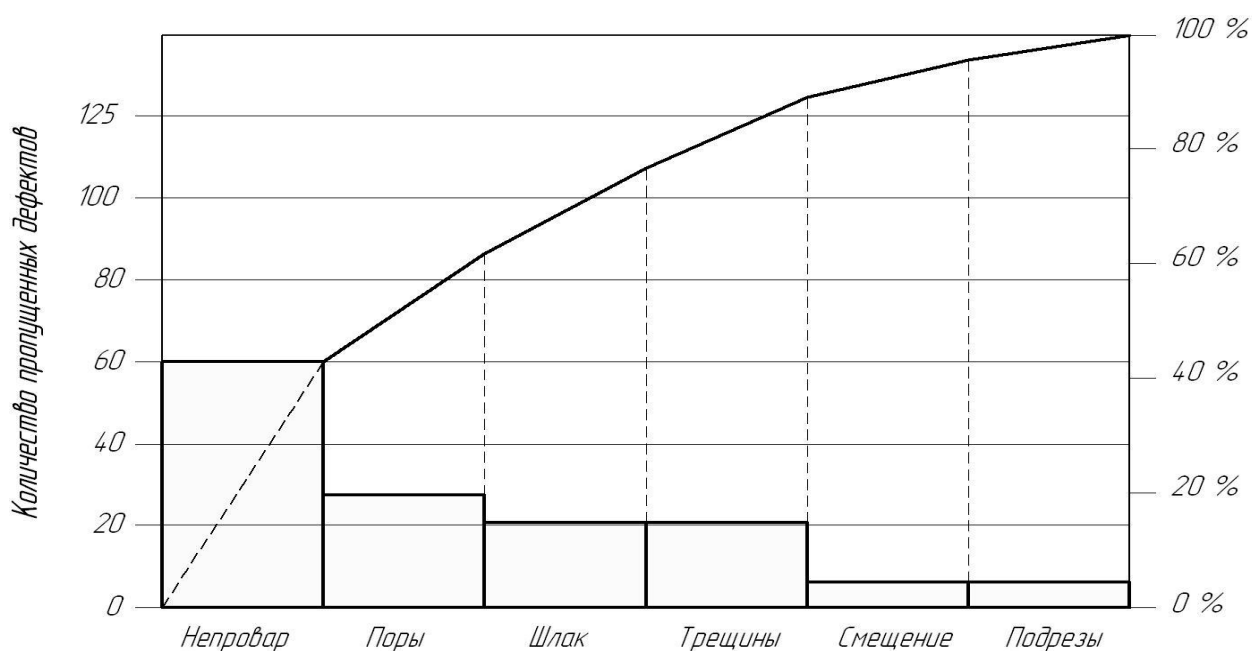


Рисунок 2.5 – Диаграмма Парето по видам остаточных дефектов в трубопроводе образовавшихся в процессе сварочно-монтажных работ

## 2.2 Организация и совершенствование контроля качества сварки

Для того, чтобы графически показать какие факторы оказывают влияние на результат какого-либо процесса обычно используется диаграмма Исикавы.

Диаграмма Исикавы, известная также как причинно-следственная диаграмма, используется при необходимости исследования возможных причин возникновения изучаемой проблемы.

Диаграмма Исикавы необходима для представления соотношений между следствием, результатом и причинами, оказывающими влияние на них. Изучаемая проблема показывается на диаграмме справа, а ее причины описываются слева.

Рассмотрим алгоритм построения диаграммы Исикавы:

**На первом этапе** выполняется описание рассматриваемой проблемы. В ходе описания необходимо определить ее особенности, место возникновения, время проявления. В нашем случае проблемой является низкое качество сварки.

**На втором этапе** описываются причины, участвующие в причинно-следственных связях диаграммы Исикавы:

- Группа причин “персонал”:

1. У персонала недостаточная мотивация. Сюда можно отнести несправедливое распределение зарплаты, а также отсутствие стимулирования поддержания качества продукции.
2. Персонал имеет низкую квалификацию. Сюда относится нежелание работников развивать свои навыки, отсутствие средств у организации для проведения курсов повышения квалификации, слабая подготовка в университетах и техникумах, снижение интеллекта вследствие наркомании.
3. Работа персонала в тяжёлых условиях труда. Сюда относится завышение производственных норм в связи с сокращения штатов, необходимость сверхурочной работы в связи с низкой заработной платой, а также экономия на гигиене труда и средствах защиты.
4. Персонал подвержен социальному угнетению. Сюда относится плохое содержание детей работников в детских садиках и школах, страх ожидания старости и выхода на пенсию, негативные новости из СМИ, повышение цен на ЖКХ и продукты питания, плохая экология, плохое медицинское обслуживание, непогашенные кредитные обязательства, разлады в семье.

- Группа причин “оборудование”:

1. Оборудование чрезмерно изношено. Сюда относятся низкое качество обслуживания оборудования, несвоевременное обслуживание оборудования, низкое качество запчастей, отсутствие у предприятия средств на своевременную замену.
2. Оборудование эксплуатируется неправильно. Сюда относится отсутствие использования всех возможностей оборудования, а также высокий уровень брака изготавливаемой продукции.
3. Оборудование низкого качества. Сюда относится поставка оборудования ненадлежащего качества вследствие коррупции, а также недобросовестность поставщиков.

4. Оборудование морально устарело. Сюда относится отсутствие средств у предприятия замену или модернизацию используемого оборудования, нежелание устанавливать системы автоматизированного управления и диагностики качества на оборудование.

- Группа причин “материалы”:

1. Материалы имеют низкое качество. Сюда относится низкая коррозионная стойкость, низкие физико-механические характеристики, вызванные нарушениями в технологии производства, а также закупка дешевого несертифицированного материала.

2. Повышенный расход материалов. Сюда относится низкая квалификация персонала, износ оборудования, а также большая доля брака.

3. Срывы поставок материалов. Сюда относится кризис неплатежей, а также недобросовестность поставщиков.

- Группа причин “технологии”:

1. Не оптимизирована последовательность технологических операций.

2. Не обеспечена требуемая точность измерений.

**На третьем этапе** строится причинно-следственная диаграмма. Диаграмма для нашего случая представлена на рисунке 2.5.

**На четвертом этапе** проводится анализ диаграммы. Для этого факторы сортируются по значимости, а также выявляются причины, поддающиеся корректировке.

**На пятом этапе** производится толкование всех взаимосвязей.

**На шестом этапе** формируются выводы и план дальнейших действий.

Одной из главных задач производства любой продукции является обеспечения соответствия ее характеристик заданным значениям. Для проверки продукции на производстве организуется выполнение технического контроля. Целью технического контроля является поддержание качества выпускаемой продукции на требуемом уровне.

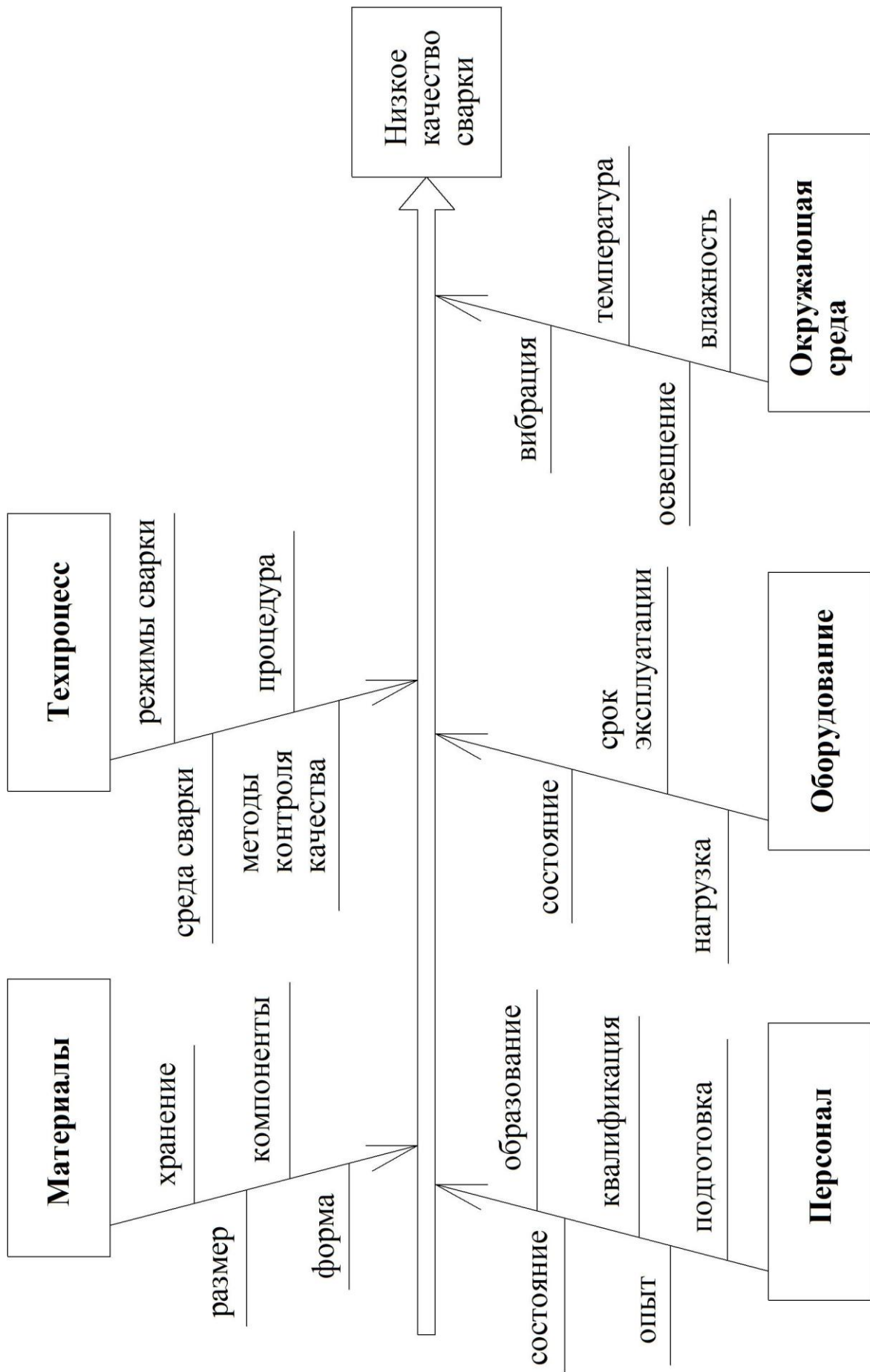


Рисунок 2.5 – Диаграмма причинно-следственных связей

## 2.3 Процессный подход к управлению качеством

### Описание критериев

**Первым критерием** является % выполнения сменных заданий в течение месяца. Данный показатель, выраженный в процентах, рассчитывается как отношение количества выполненных сменных заданий к общему количеству заданий:

$$K_1 = \frac{n}{N} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где  $K_1$  – критерий выполнения сменных заданий, %;

$n$  – количество выполненных сменных заданий, шт.;

$N$  – общее количество сменных заданий, шт.

Периодичность проведения расчетов ежемесячная, при этом ответственным является начальник участка сварки. Информация, необходимая для расчета критерия должна браться из графика изготовления. При этом источником информации являются отметки в сменном графике.

**Вторым критерием** является показатель уровня дефектности готовой продукции в производстве, который можно рассчитать как отношение суммы несоответствующих узлов, выявленных на производстве к общему количеству готовых сварных узлов. Для удобства, данное отношение умножается на  $10^6$ :

$$K_2 = \frac{\sum n_o}{\sum N_o} \cdot 10^6, \quad (2.2)$$

где  $K_2$  – уровень дефектности;

$\sum n_o$  – количество несоответствующих узлов;

$\sum N_o$  – общее количество готовых сварных узлов.

Периодичность проведения расчетов ежемесячная, при этом ответственным является начальник Бюро технического контроля. Источником информации о количестве несоответствий узлов является периодический контроль с документальной регистрацией результатов. Так по

итогу отчетного периода должна быть подготовлена справка об уровне дефектности готовой продукции.

Источником информации о количестве изготовленной продукции являются отметки в графике изготовления. Ответственным лицом в данном случае является начальник планового управления.

### Инструменты мониторинга

**Первый критерий**, который мы выделили выше, является % выполненных сменных заданий за один месяц. Для мониторинга критерия можно использовать отметки количества готовых сварных стыков выставляемых каждую смену в графике изготовления. Пример такого графика представлен в приложении №1. В конце месяца рассчитывается количество отклонений и сравнение полученных данных с установленными нормативами. Для удобной визуальной оценки необходимо строить график, пример и форма которого представлены в приложении №2. Для фиксации простоев необходимо воспользоваться картой, представленной в приложении №3. При этом в карте обязательно указывается виновник простоя.

**Вторым критерием**, который мы выделили выше, является уровень дефектности готовой продукции в производстве. Для оценки данного показателя требуется периодический сбор данных об уровне дефектности продукции и сравнение их с установленными нормативами. В конце месяца удобной визуальной оценки строится график уровня дефектности. Пример и вид графика приведены в приложении №4.

### Оценка результативности

Процесс производства считается результативным при выполнении приведенных ниже условий.

**Для первого критерия**, которым является % выполнения сменных заданий за месяц, требуется, чтобы значение было больше 95 процентов.

**Для второго критерия**, которым является уровень дефектности готовой продукции за месяц, требуется чтобы значение было меньше 200.

### Управляющие воздействия на процесс

**Для первого критерия**, которым является % выполнения сменных заданий за месяц, предусмотрены следующие управляющие воздействия:

1. Если в результате анализа удалось установить, что значение данного критерия по итогам месяца меньше требуемого значения, то необходимо выяснить причины низкого значения показателя, разработать корректирующие мероприятия и, при необходимости, передать результаты анализа уполномоченному от высшего руководства лицу по качеству для планирования корректировок других процессов.

2. Если в результате анализа удалось установить, что значение данного критерия имеет отрицательный тренд, то необходимо разработать упреждающие мероприятия по остановке снижения значения критерия.

**Для второго критерия**, которым является уровень дефектности готовой продукции за месяц, предусмотрены следующие управляющие воздействия:

1. Если в результате анализа удалось установить, что значение данного критерия по итогам месяца выше требуемого значения, то необходимо выяснить причины высокого значения показателя, разработать корректирующие мероприятия и удостовериться в их результативности.

2. Если в результате анализа удалось установить, что значение данного критерия имеет положительный тренд то необходимо разработать упреждающие мероприятия по остановке роста значения критерия.

### Мероприятия по улучшению процесса

Улучшение процесса возможно за чет проведения мероприятий, основанных на следующих методах:

1. Работа в группе;
2. Проведение сравнительного анализа;
3. Изучение статистических данных;
4. Исследования опыта «лучший в классе».

## 2.4 Способ контроля качества сварки трубопровода

Раньше оценка качества кольцевых швов проводилась преимущественно с использованием радиографического метода контроля. Ультразвуковой контроль (ручной) применялся только для подтверждения наличия дефекта. Однако за границей в это же время применялся автоматизированный тип ультразвукового контроля. Некоторые эксперты оценивают отставание России в области развития методов неразрушающего контроля на 15 лет от мирового уровня.

Если темпы строительства трубопроводных систем не критичны, то радиографический контроль может успешно применяться для оценки качества соединения. Также при сложных формах изделия радиографический контроль остается достаточно популярным. При выполнении протяженных проектов время строительства является критическим показателем. В этом случае радиографический контроль не может являться оптимальным выбором, так как вызывающий задержки в строительстве.

Из-за выполнения радиографического контроля сварного соединения возрастает задержка начала установки систем антикоррозионной защиты на сварное соединение. Данная задержка приводит к необходимости более длительной обработки сварного соединения перед нанесением изоляции.

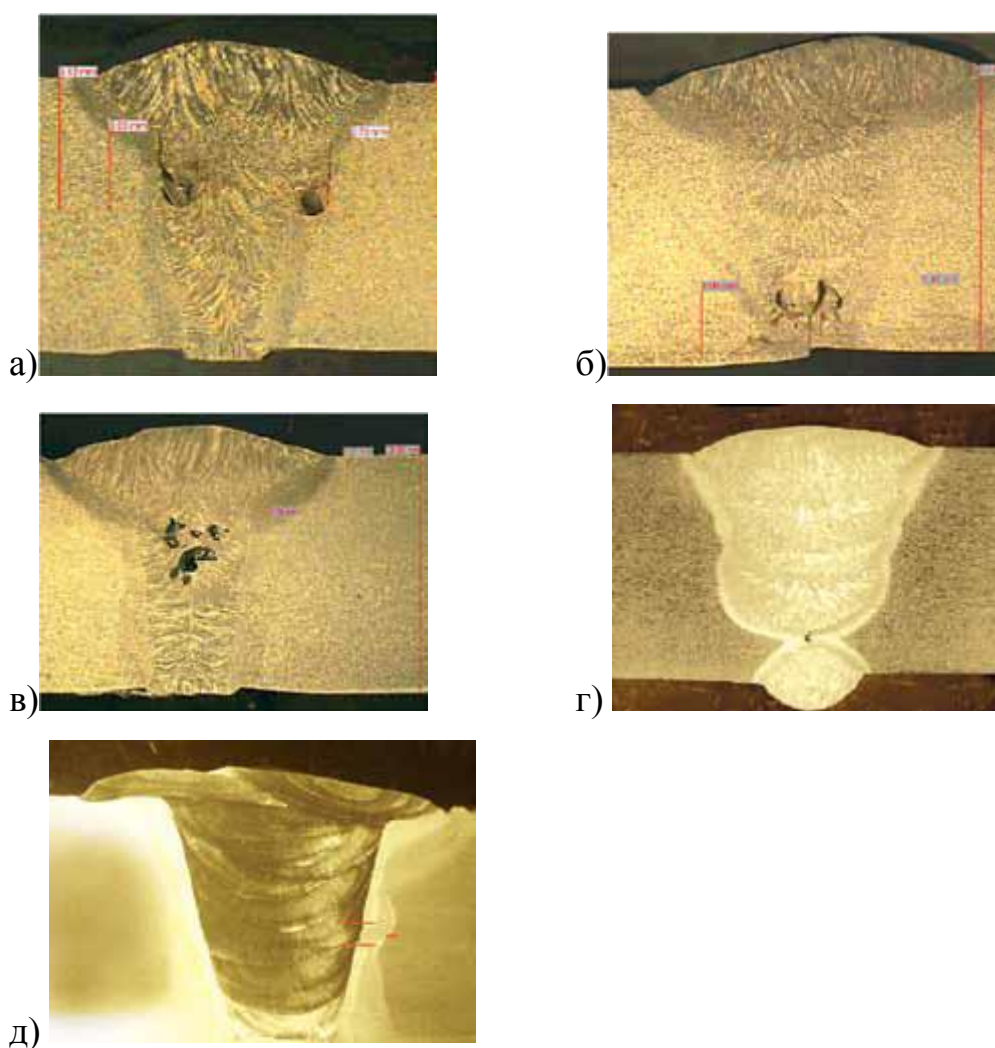
Системы ультразвукового контроля долгое время не могли широко использоваться для контроля сварных стыков. Это связано со следующими причинами:

- 1) Отсутствовали средства автоматизации выполнения ультразвукового контроля.
- 2) Отсутствовали средства автоматической обработки результатов с датчиков.
- 3) Отсутствовали четкие критерии отбраковки стыков с учетом всех возможностей ультразвука.



Благодаря развитию средств автоматизации в последнее время были решены все описанные проблемы, метод автоматизированного ультразвукового был закреплен в стандартах по методам неразрушающего контроля трубопроводных систем.

При выполнении сварки труб различные отклонения от установленных норм и требований может при вести к ухудшению физико-механических характеристик получаемого соединения, что в целом снижает эксплуатационные характеристики трубопроводной системы. Возникающие в процессе сварки дефекты делаются на два типа:



а) несплавления, б) дефекты корня, в) скопления пор, г) непровар,  
д) несплавление по кромке

Рисунок 2.6 – Дефекты, которые можно выявить при автоматизированном ультразвуковом контроле соединений

1. Набор дефектов, спровоцированный неправильным протеканием металлургических процессов, к которым можно отнести этапы плавления, кристаллизации металла, а также остывание околошовной зоны. Сюда относятся такие дефекты, как термические трещины, образование скоплений пор, шлаковые загрязнения.

2. Набор дефектов, спровоцированных нарушением режимов сварки, нарушениями требований к сборке стыка, а также нарушением связанных с подготовкой кромок. Сюда же относятся дефекты вызванные поломкой сварочного оборудования.

Существующие устройства для перемещения сканера по контролируемому шву обладают следующими недостатками:

1. Низкая надежность, обусловленная перегрузкой подвижной части сканера массивными и длинными подводными кабелями, а так же системой подачи контактной жидкости.

2. Низкая отказоустойчивость, связанная с возможностью отрыва подводных кабелей в процессе движения каретки.

3. Неравномерная подача контактной жидкости.

Аппаратный комплекс для автоматизированного ультразвукового контроля представлен на рисунке 2.7. Данный комплекс состоит из: съемной направляющей (1), каретки (2) с приводом для продольного движения, рамы (3) с приводом для поперечного движения, механизма (4) перемещения искательных головок (6), держателя (5), датчика перемещения (7), дефектоскопа (8), блока питания (9), системы (10) анализа информации, кабеля (12), катушки (11), подвески (13), несущей емкости с контактной жидкостью, а также промежуточного кабеля (25) и трубки для подачи жидкости (26).

Данный комплекс работает следующим образом. Дефектоскоп 8, блок питания 9 и система 10 анализа информации устанавливаются в удобном месте на некотором расстоянии от контролируемого стыка.

На трубопровод рядом с контролируемым стыком закрепляется направляющая 1, на которую устанавливается каретка со всеми входящими в нее элементами. На некотором расстоянии от направляющей устанавливается подвеска 13, закрепляемая прижимами. При этом емкость с контактной жидкостью занимает вертикальное положение. При установке подвески необходимо убедиться, что промежуточный жгут 25 и гибкая трубка 26, образуют петлю длиной, немногим больше длины окружности. С помощью элементов ручного управления каретку 2 и рамку 3 устанавливают в фиксированное исходное положение, а затем с дистанционного блока питания и управления 9 включают контроль.

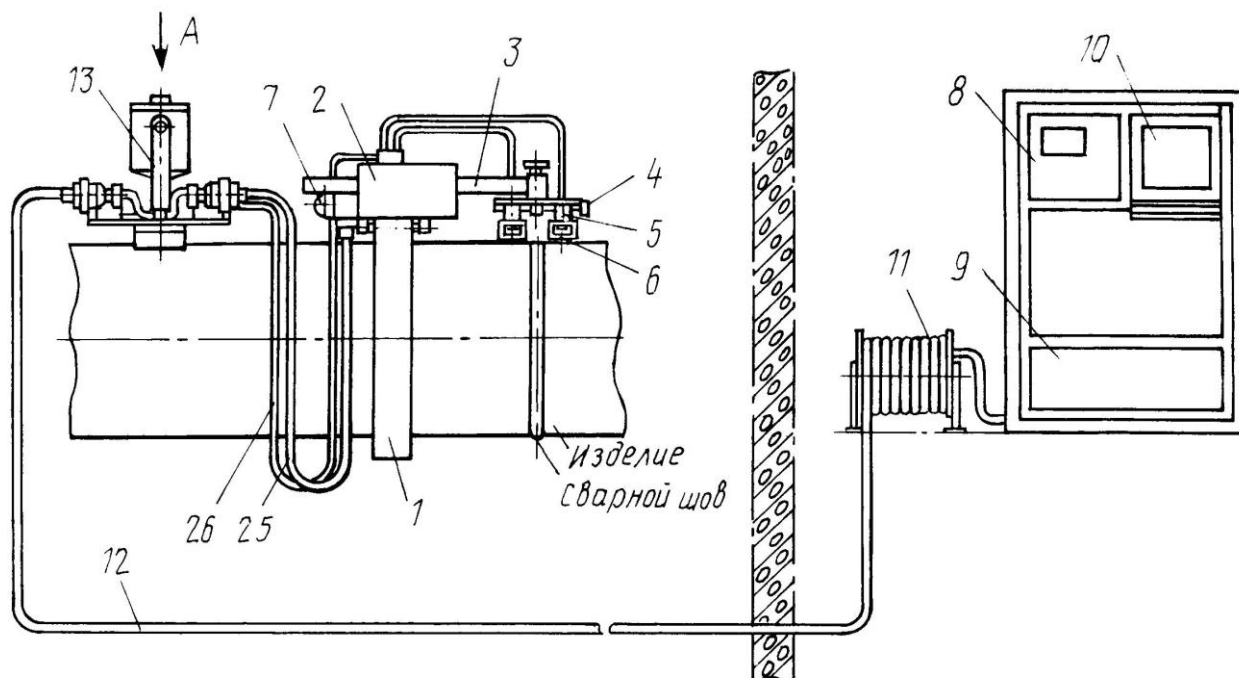


Рисунок 2.7 – Аппаратный комплекс для автоматизированного ультразвукового контроля кольцевых сварных соединений

При этом включается насос, и контактная жидкость подается в искательные головки 6. После установления стабильного акустического контакта включаются приводы каретки 2 и рамы 3, искательные головки перемещаются по заданной траектории согласно заложенной программе, прозвучивая все сечение сварного шва. Сигналы от дефектов и от датчиков координат обрабатываются и регистрируются системой 10. В процессе

движения каретки петля жгута 25 уменьшается и в конце хода выбирается, охватывая изделие. По окончании контроля отключаются приводы и насос, каретку, подвеску и направляющую снимают и переходят к следующему стыку.

## 3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

### 3.1 Технологическая характеристика объекта

Сварочные технологии остаются источниками многих опасных и вредных производственных факторов. Все это дополнительно усложняет и повышает стоимость сварочного оборудования, поэтому проводятся исследования, направленные на изучение влияния энергетических параметров (тока и напряжения) процесса сварки на объемы выделения сварочных аэрозолей и их вредных составляющих.

Возможности влияния процесса ремонтной сварки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Центратор типа ЦН	Сжатый воздух
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Подогреватель стыков индукционный	-

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4
4. Осуществление сварки стыка на трубопроводе	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат	Проволока присадочная, электроды LB-62
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновский Арина 7	Плѐнка типа РП

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

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

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
4. Осуществление сварки стыка труб	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека;</li> <li>- высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения;</li> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации</li> </ul>	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат
5. Проведение зачистки сварного шва	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;</li> <li>- подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин</li> <li>- риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения</li> </ul>	Шлифмашинка, молоток, зубило
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	<ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения</li> </ul>	Аппарат рентгеновского контроля

3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 3.3 - Выбор методов и средств по снижению воздействия каждого опасного и вредного производственного фактора

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 3.3

2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня УФ излучения	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Перечень первичных средств для проведения тушения возгорания	Перечень мобильных средств для проведения тушения возгорания	Перечень стационарных систем и установок для проведения тушения возгорания	Пожарная автоматика для проведения тушения возгорания	Перечень пожарного оборудования, для проведения тушения возгорания	Перечень средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при	Перечень пожарного инструмента для проведения тушения	Перечень пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре



Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

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

Таблица 3.6 – Перечень организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение пожарной безопасности технического объекта

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

### 3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.7 – Выявление и анализ вредных экологических факторов, сопровождающих внедрение проектной технологии

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка стыка, сварка стыка и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 3.8 – Проведение организационно-технических мероприятий, направленных на снижение отрицательного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Рассматриваемый технический объект в рамках проектной технологии	Сварка трубопровода
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Необходимо предусмотреть установку контейнеров, позволяющих селективный сбор бытового мусора и производственных отходов. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди производственного персонала по вопросу правильного складывания в контейнеры мусора и отходов.

### 3.6 Заключение по экологическому разделу

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

## 4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

### 4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения операции контроля качества при сварке стыков магистральных трубопроводов. При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте предлагается применить автоматический ультразвуковой контроль. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

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

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Стоимость эксплуатации производственных площадей	Сзксп	(Р/м <sup>2</sup> )/год	2000	2000
10	Цена приобретения производственных площадей	Цпл	Р/м <sup>2</sup>	3000	3000
11	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	м <sup>2</sup>	20	20
12	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
14	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования: - Труборезный станок FPM-3456 - Источник питания DC-400 ideal arc - Установка рентгеновского контроля «Кроулер» С-300 - Центратор внешний - Газовый подогреватель стыка - Установка автоматического ультразвукового контроля	Цоб	Руб.	6863000	5663000
15	Значение коэффициента, учитывающего затраты на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
16	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	200	200
17	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
18	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
19	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,7
20	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
21	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
22	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
23	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
24	Время машинное	t <sub>МАШ</sub>	час	2,07	1,49

## 4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

где  $T_{CM}$  – принятая продолжительность смены;

$D_P$  – общее количество рабочих дней в году;

$D_{II}$  – общее количество предпраздничных дней;

$T_{II}$  – ожидаемое сокращение рабочего времени предпраздничные дни в часах;

$C$  – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

$$F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418 \text{ ч.}$$

Расчётное определение величины эффективного фонда времени работы оборудования производим с использованием зависимости:

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

где  $B$  – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

$$F_Э = 4418 \cdot \left(1 - \frac{7}{100}\right) = 4108 \text{ ч.}$$

## 4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{ШТ} = t_{МАШ} + t_{ВСП} + t_{ОБСЛ} + t_{ОТЛ} + t_{II-3}, \quad (4.3)$$

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

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

$t_{\text{ВСП}}$  – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОБСЛ}}$  – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{ОТЛ}}$  – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5%  $t_{\text{МАШ}}$ ;

$t_{\text{П-З}}$  – время на подготовительно – заключительные операции, 1%  $t_{\text{МАШ}}$ .

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 2,07 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,5 \text{ ч.}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 1,49 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 1,8 \text{ ч.}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

где  $F_{\text{Э}}$  – величина эффективного фонда времени работы оборудования;

$t_{\text{шт}}$  – штучное время на выполнение сварки одного стыка труб;

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

$$П_{\Gamma.\text{баз.}} = 4108/2,5 = 1643 \text{ стыков за год};$$

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/1,8 = 2282 \text{ стыков за год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем  $П_{\Gamma} = 1500$  стыков за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

где  $t_{\text{шт}}$  – затрачиваемое штучное время на сварку одного стыка труб;

$П_{\Gamma}$  – принятое значение годовой программы;

$F_{\text{Э}}$  – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования;



Квн – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{ДАН} \times \text{А}} = \frac{2,5 \cdot 1500}{4108 \cdot 1,03} = 0,89$$

$$n_{\text{ДАН} \times \text{Д}} = \frac{1,8 \cdot 1500}{4108 \cdot 1,03} = 0,64$$

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

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$K_3 = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.6)$$

где  $n_{\text{расч}}$  – рассчитанное согласно (4.5) количество сварочного оборудования,

$n_{\text{пр}}$  – принятое ранее количество сварочного оборудования

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{3б} = 0,89/1 = 0,89$$

$$K_{3п} = 0,64/1 = 0,64$$

#### 4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

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

где  $C_M$  – стоимость сварочных материалов;

$K_{Т-З}$  – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. Поэтому масса наплавленного металла в базовом варианте будет больше, чем в проектном:

$$M_{\text{баз.}} = 300 \cdot 12,75 \cdot 1,05 = 4016,26 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 300 \cdot 9,18 \cdot 1,05 = 2891,70 \text{ рублей}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной. Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

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

где  $C_{\text{ч}}$  – принятое значение тарифной ставки;

$K_{\text{д}}$  – принятое значение коэффициента, который учитывает расходы на доплату к основной заработной плате.

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{осн.баз.}} = 2,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 940,00 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн.проектн.}} = 1,8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 676,80 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

где  $K_{\text{доп}}$  – размер коэффициента, учитывающего величину отчислений на дополнительную заработную плату

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$Z_{\text{доп.базов.}} = 940,00 \cdot 12/100 = 112,80 \text{ рублей};$$

$$Z_{\text{доп.проектн.}} = 676,80 \cdot 12/100 = 81,22 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{базов.}} = 940,0 + 112,8 = 1052,8 \text{ рублей};$$

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 676,80 + 81,22 = 758,02 \text{ рублей.}$$

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

$$\text{Осн} = \text{ФЗП} \cdot \text{Ксн} / 100, \quad (4.10)$$

где Ксн – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

$$\text{Осс}_{\text{баз.}} = 1052,8 \cdot 34 / 100 = 357,95 \text{ руб.}$$

$$\text{Осс}_{\text{проектн.}} = 758,02 \cdot 34 / 100 = 257,73 \text{ руб.}$$

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

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

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

$P_{\text{э-э}}$  – величина затрат на электрическую энергию;

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{\text{Ц}_{\text{об}} \cdot \text{На} \cdot t_{\text{МАШ}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

где  $\text{Ц}_{\text{об}}$  – принятое значение стоимости оборудования;

$\text{На}$  – принятое значение нормы амортизации оборудования.

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{i,a} \cdot \acute{a} = \frac{6863000 \cdot 21,5 \cdot 2,5}{4108 \cdot 100} = 897,97 \text{ рублей}$$

$$\dot{A}_{i,a} \cdot \grave{i} \delta = \frac{5663000 \cdot 21,5 \cdot 1,8}{4108 \cdot 100} = 533,49 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$P_{\text{э-э}} = \frac{M_{\text{УСТ}} \cdot t_{\text{маш}} \cdot \text{Ц}_{\text{э-э}}}{\text{КПД}} \quad (4.13)$$

где  $M_{\text{УСТ}}$  – принятое значение мощности установки;

$\Pi_{\text{э-э}}$  – стоимость электрической энергии;

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}'} \acute{a} = \frac{200 \cdot 2,5 \cdot 1,75}{0,7} = 1250,00 \text{ рублей}$$

$$D_{\dot{Y}-\dot{Y}'} \grave{\delta} = \frac{200 \cdot 1,8 \cdot 1,75}{0,7} = 900,00 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{оббаз.}} = 897,97 + 1250,00 = 2147,97 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{обпроектн.}} = 533,49 + 900,00 = 1433,49 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осс} + З_{\text{ОБ}} \quad (4.14)$$

Подставив в (4.14) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 4016,26 + 1052,8 + 357,95 + 2147,97 = 7574,98 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 2891,70 + 758,02 + 257,73 + 1433,49 = 5340,94 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

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

где  $K_{\text{ЦЕХ}}$  – коэффициент, который учитывает цеховые расходы

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 7574,98 + 1,5 \cdot 940,0 = 7574,98 + 1410,0 = 8984,98 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 5340,94 + 1,5 \cdot 676,80 = 5340,94 + 1015,20 = 6356,14 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

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

где  $K_{\text{ЗАВ}}$  – коэффициент, учитывающий заводские расходы

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 8984,98 + 1,15 \cdot 940,0 = 8984,98 + 1081 = 10065,98 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 6356,14 + 1,15 \cdot 676,80 = 6356,14 + 778,32 = 7134,46 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Условные обозначения	Калькуляция, рублей	
			Базовый	Проектный
1	Материалы	М	4016,26	2891,70
2	Фонд заработной платы	ФЗП	1052,8	758,02
3	Отчисления на социальные нужды	О <sub>сн</sub>	357,95	257,73
4	Затраты на оборудование	Зоб	2147,97	1433,49
	Себестоимость технологическая	Стех	7574,98	5340,94
6	Расходы цеховые	Рцех	1410,0	1015,20
	Себестоимость цеховая	Сцех	8984,98	6356,14
7	Расходы заводские	Рзав	1081	778,32
	Себестоимость заводская	С <sub>ЗАВ</sub>	10065,98	7134,46

#### 4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

Расчётное определение величины капитальных затраты, сопровождающих реализацию базового варианта технологии производим с использованием следующей зависимости:

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

где  $K_{\text{З}}$  – значение коэффициента, который учитывает загрузку технологического оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б}}$  – размер остаточной цены оборудования, полученный с учетом срока службы технологического оборудования (рублей);

$n$  – принятое количество оборудования, которое необходимо для выполнения производственной программы согласно описанию технологического процесса.

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

где  $\text{Ц}_{\text{ПЕРВ.}}$  – стоимость приобретения технологического оборудования (рублей)

$T_{\text{СЛ}}$  – установленный срок службы технологического оборудования на момент внедрения результатов выпускной квалификационной работы в производство (лет);

$N_{\text{А}}$  – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

Подставив в (4.20) и (4.21) необходимые значения, получим:

$$\text{Ц}_{\text{ОБ.Баз.}} = 6863000 - (6863000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 2436365 \text{ рублей}$$

$$\text{К}_{\text{ОБЩБаз.}} = 1 \cdot 2436365 \cdot 0,89 = 2168364 \text{ рублей}$$

Расчётное определение величины общих капитальных затрат при реализации проектного варианта технологического процесса производим с использованием формулы:

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

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

$\text{К}_{\text{ПЛ}}$  – 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);

$\text{К}_{\text{СОП}}$  – принятая величина сопутствующих капитальных вложений.

$$\text{К}_{\text{ОБПроектно}} = \text{Ц}_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.20)$$

Подставив в (4.20) необходимые значения, получим:

$$\text{К}_{\text{ОБПроектн.}} = 5663000 \cdot 1,05 \cdot 0,64 = 3805536 \text{ руб.}$$

$$\text{К}_{\text{СОП}} = \text{К}_{\text{ДЕМ}} + \text{К}_{\text{МОНТ}} \quad (4.21)$$

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – принятое значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

$K_{\text{МОНТ}}$  – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования.

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

где  $K_{\text{ДЕМ}}$  – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 1 \cdot 6863000 \cdot 0,05 = 343150 \text{ руб.}$$

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

где  $K_{\text{МОНТ}}$  – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса.

Подставив в (4.21) и (4.22) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 5663000 \cdot 0,05 = 283150 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 343150 + 283150 = 626300 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 3805536 + 626300 = 4431836 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.24)$$

Подставив в (4.24) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 4431836 - 2168364 = 2263472 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{УД}} = \frac{K_{\text{ОБЩ}}}{\Pi_{\text{Г}}}, \quad (4.25)$$

где  $\Pi_{\text{Г}}$  – принятое значение годовой программы.

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{УДБаз.}} = 2168364 / 1500 = 1445 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{УДПроектн.}} = 4431836 / 1500 = 2954 \text{ руб./ед.}$$

#### 4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

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

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{2,5 - 1,8}{2,5} \cdot 100\% = 28\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

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

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$P_T = \frac{100 \cdot 28}{100 - 28} = 39\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{тех}} = \frac{C_{\text{техБ}} - C_{\text{техПР}}}{C_{\text{техБ}}} \cdot 100\% \quad (4.28)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta \tilde{N}_{\text{д\ddot{a}o}} = \frac{7574,98 - 5340,94}{7574,98} \cdot 100\% = 29,5\%$$

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

$$Pr_{\text{ож.}} = \mathcal{E}_{\text{у.г.}} = \left( C_{\text{зав}}^{\text{б}} - C_{\text{зав}}^{\text{пр}} \right) \cdot P_T \quad (4.29)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{у.г.}} = (10065,98 - 7134,46) \cdot 1500 = 4397280 \text{ руб.}$$



Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{доп}}}{\dot{\mathcal{E}}_{\text{уг}}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$\dot{\mathcal{E}}_{i\dot{\mathcal{E}}} = \frac{2263472}{4397280} = 0,51$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

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

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{г}} = 4397280 - 0,33 \cdot 2263472 = 3650334 \text{ руб.}$$

#### 4.8 Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 28 %, увеличение производительности труда на 39 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 29,5 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 4,397 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 3,650 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,5 года.

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

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Цель** выпускной квалификационной работы - повышение надёжности магистральных трубопроводов за счёт разработки методики контроля качества их сварки.

На основании анализа состояния вопроса были сформулированы **задачи проекта**:

1) Анализ возникающих при сварке трубопроводов дефектов на предмет выявления наиболее опасных.

2) Анализ возможных способов повышения эффективности неразрушающего контроля качества сварки трубопроводов.

3) Разработка на его основе перспективного способа контроля качества сварки и методик контроля.

На основании статистических данных была произведена оценка выявляемости дефектов различными методами контроля. Установлено, что непровар и поры являются наиболее трудновыявляемыми дефектами.

На основании статистических данных была произведена оценка частоты появления различных дефектов в соединениях. Установлено, что непровары и поры являются наиболее часто возникающими дефектами.

На основании статистических данных была произведена оценка влияния дефектов на разрушение трубопроводов. Установлено, что наибольший вклад в отрицательную статистику вносят именно поры и непровары. Процесс сборки и сварки трубопровода был рассмотрен на основе методов процессного подхода к управлению качеством.

В проекте предложен способ автоматического ультразвукового контроля качества сварки стыков, который может быть применён как для приёмочного, так и для промежуточного контроля.

Годовой экономический эффект в сфере производства и эксплуатации с учетом дополнительных капитальных вложений составит 3,650 млн рублей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] Кузнецов, В.В. Сравнительный анализ статистических данных по аварийности на магистральных трубопроводах в России и в Западной Европе / В.В. Кузнецов, А.А. Ляпин, Р.Е. Монахов // Нефть, Газ и Бизнес. – 2007. – № 1-2. – С. 49–56.
- [2] Мазур, И.И. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: Елима, 2004. – 1097 с.
- [3] Варламов, Д.П. Повышение надёжности магистральных газопроводов при использовании многократной внутритрубной дефектоскопии / Д.П. Варламов, В.Н. Дедешко, В.А. Канайкин, О.И. Стеклов // Автоматическая сварка. – 2012. – № 3. – С. 28–34.
- [4] Головкин, В.В. Влияние неметаллических включений на формирование структуры металла сварных швов высокопрочных низколегированных сталей / В.В. Головкин, И.К. Походня // Автоматическая сварка. – 2013. – № 6. – С. 3–11.
- [5] Патон, Б.Е. О старении и методологии оценки состояния металла эксплуатируемых магистральных трубопроводов / Б.Е. Патон, С.Е. Семенов, А.А. Рыбаков [и др.] // Автоматическая сварка. – 2000. – № 7. – С. 3–12.
- [6] Пашков, Ю.И. Прогнозирование остаточного ресурса прочности магистральных газонефтепроводов с учетом продолжительности эксплуатации / Ю.И. Пашков, Ю.И. Анисимов, Г.А. Ланчаков [и др.] // Строительство трубопроводов. – 1996. – № 2. – С. 2–5.
- [7] Ковалевич О.М. Риск в техногенной сфере. М. Издательский дом МЭИ, 2006. – 148 с.
- [8] Стеклов, О.И. Анализ рисков магистральных газопроводов России по данным мониторинга результатов внутритрубной диагностики / О.И. Стеклов, Д.П. Варламов // Сварочное производство. – 2013. – № 9.

- [9] Сенцов, С.И. Влияние системы менеджмента качества строительства на безотказность работы магистральных трубопроводов: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук. – Москва: Российской государственной университет нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2009.
- [10] 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.
- [11] Варламов, Д.П. Мониторинг дефектности магистральных газопроводов / Д.П. Варламов, В.А. Канайкин, А.Ф. Матвиенко. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 120 с.
- [12] Варламов, Д.П. Повышение надёжности магистральных газопроводов при использовании многократной внутретрубной дефектоскопии / Д.П. Варламов, В.Н. Дедешко, В.А. Канайкин, О.И. Стеклов // Автоматическая сварка. – 2012. – № 3. – С. 28–34.
- [13] Никифоров А.Д. Управление качеством: Учебное пособие для вузов. – М.: Дрофа, 2009.- 720 с.
- [14] Кане М.М., Иванов Б.В., Корешков В.Н., Схиртладзе А.Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: Учебник для вузов/ Под редакцией М.М.Кане. – СПб.: Питер, 2009. – 560с.
- [15] Ильенкова С.Д., Ильенкова Н.Д., Мхитарян В.С. Управление качеством: Учебник для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 352 с.
- [16] Левченко, О.Г. Химический состав газообразной составляющей аэрозоля при сварке в защитных газах / О.Г. Левченко // Автоматическая сварка. – 2001. – № 3 – С. 25–28.
- [17] Горбань, Л.И. Влияние условий труда на состояние здоровья и заболеваемость работающих в сварочном производстве / Л.И. Горбань, Е.П. Краснюк, И.Е. Факторов // Гигиена труда: Респ. межвед. сб. – 1983. – Вып. 19. – С. 40–49.

- [18] Sipek L., Smars E. Ozone and nitrogen oxides in gas shielded arc welding. – IW VIII-1486–89. – 21 p.
- [19] Matusiak J. Powstawanie ozonu przy procesach spawania i ciecienia metali // Biuletyn Instytutu spawalnictwa w Gliwicach. – 1999. – № 5. – S. 142–147.
- [20] AWS F1.3S3. Evaluating contaminants in the welding environment a sampling strategy guide. – Miami: American Welding Society, 1983. – 16 p.
- [21] Егоров, А. Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А. Г. Егоров, В. Г. Виткалов, Г. Н. Уполовникова, И. А. Живоглядова – Тольятти, 2012. – 135 с.
- [22] Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
- [23] Белов, С. В. Охрана окружающей среды / С. В. Белов. – М.: Машиностроение, 1990. – 372с.
- [24] Брауде, М. З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М. З. Брауде, Е. И. Воронцова, С. Я. Ландо. – М.: Машиностроение, 1978. – 144 с.
- [25] Манойлов, В. Е. Основы электробезопасности / В. Е. Манойлов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1991. – 480 с.
- [26] Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.
- [27] Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO<sub>2</sub> модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000.– № 8. – С. 48–50.
- [28] Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
- [29] Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.
- [30] James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.