

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

Институт машиностроения

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

Направление подготовки 15.03.01 «Машиностроение»

Профиль «Оборудование и технология сварочного производства»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Технологический процесс сварки магистрального трубопровода

Студент В.В. Гаврилов

(личная подпись)

Руководитель к.т.н., доцент О.В. Шашкин

(личная подпись)

Консультанты

к.э.н., доцент И.В. Краснопевцева

(личная подпись)

И.В. Резникова

(личная подпись)

к.т.н., доцент В.Г. Виткалов

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор В.В. Ельцов

(личная подпись)

« » 2016 г.

Тольятти 2016 г.

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

(институт)

«Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»
(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СОМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент: Гаврилов Вячеслав Валерьевич

1. Тема: «Технологический процесс сварки магистрального трубопровода»

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы:

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:

учебная, научно-техническая и патентная литература, нормативно-техническая документация, результаты практики

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов):

Введение (краткое состояние вопроса, обоснование актуальности темы, формулировка цели)

Глава 1. Современное состояние вопроса по обеспечению качества сварки магистральных трубопроводов (описание объекта исследования, сведения о материале изделия, базовая технология сварки и её недостатки, статистика по дефектам сварки, методики контроля, задачи проекта)

Глава 2. Проектная технология ремонтной сварки (контроль материалов, автоматизация операций контроля качества, применяемое оборудование для сварки, повышение эффективности сварки и контроля качества)

Глава 3. Безопасность и экологичность предлагаемых решений (сформулировать опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие внедрение предлагаемых решений, методы и средства снижения их воздействия, обеспечение пожарной и экологической безопасности)

Глава 4. Экономическая эффективность работы

Заключение по работе

Библиографический список

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала:

Технология сварки трубопровода – 1 лист

Статистика по сварочным дефектам – 1...2 листа

Мероприятия по повышению качества сварки – 2...3 листа

Автоматизация контрольных операций – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам:

Нормоконтроль: Виткалов Виталий Григорьевич

«Экономическая эффективность»: Краснопецева Ирина Васильевна

«Безопасность и экологичность объекта
бакалаврской работы»: Резникова Ирина Васильевна

7. Дата выдачи задания « _____ » _____ 20 ____ г.

Руководитель бакалаврской
работы

(подпись)

О.В. Шашкин
(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

В.В. Гаврилов
(И.О. Фамилия)

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

_____ **МАШИНОСТРОЕНИЯ** _____

(институт)

СОМДиРП

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой _____ СОМДиРП

В.В. Ельцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« _____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы¹

Студента Гаврилова Вячеслава Валерьевича

по теме «Технологический процесс сварки магистрального трубопровода»

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение.	30.05	30.05		
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	30.05 05.06	30.05 05.06		
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ ТРУБОПРОВОДОВ	06.06 12.06	06.06 12.06		
БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	13.06 17.06	13.06 17.06		
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	18.06 20.06	18.06 20.06		
Оформление графической части	01.06 23.06	01.06 23.06		

Руководитель бакалаврской работы

О.В. Шашкин

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

В.В. Гаврилов

(И.О. Фамилия)

¹ Бакалаврской работы, дипломной работы, дипломного проекта

АННОТАЦИЯ

В настоящее время при монтаже магистральных трубопроводов сварка – это единственный процесс, который позволяет соединять отдельные трубы и трубные секции. Поэтому от производительности сварки в основном и зависит скорость монтажа магистральных трубопроводов, а повышение производительности и качества сварки является главным резервом в повышении производительности и снижении себестоимости монтажа всего трубопровода.

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

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 14135604 руб.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	
1.1 Типовой технологический процесс сварки	9
1.2 Дефекты сварки стыков трубопроводов	13
2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ ТРУБОПРОВОДОВ	
2.1 Организация и совершенствование контроля качества сварки	16
2.2 Процессный подход к управлению качества	26
2.3 Способ контроля качества сварки трубопровода	29
3 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	34
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ	40
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	51
ПРИЛОЖЕНИЕ	53

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при монтаже магистральных трубопроводов сварка – это единственный процесс, который позволяет соединять отдельные трубы и трубные секции. Поэтому от производительности сварки в основном и зависит скорость монтажа магистральных трубопроводов, а повышение производительности и качества сварки является главным резервом в повышении производительности и снижении себестоимости монтажа всего трубопровода. Надёжность сварных соединений определяет надёжность всего трубопровода [1, 2]

Решению проблем управления качеством при монтаже и сварке магистральных трубопроводов, их диагностики и ремонта, повышения эксплуатационной надёжности посвятили свои работы такие исследователи, как Г.Г. Васильев, П.П. Бородавкин, А.Г. Гумеров, В.В. Харинковский и др.

Сейчас существенно возросли масштабы строительства и ремонта трубопроводов, их большая протяжённость требует увеличения темпа прокладки. Следует отметить, что в данный момент в России и за рубежом практически достигнут потолок производительности процессов ручной дуговой сварки. Дальнейшее повышение производительности возможно за счёт автоматизации и механизации сварки и сопутствующих процессов, при этом существенное влияние на качество автоматической сварки неповоротных оказывает пространственное положение сварочной ванны [1]

На данный момент сформулированы достаточно четкие критерии для оценки эффективности сварочных технологий, от которых требуется сочетание: воспроизводимости качества сварных соединений; приемлемой стоимости оборудования и материалов; мобильности процессов сварки; производительности; возможности подготовки и аттестации персонала [3].

Важнейшим элементом надёжности и долговечности электросварных труб будет являться качество сварного шва, т.е. отсутствующие дефекты,

необходимое сопротивление хрупкому разрушению, отсутствие разупрочнения в зоне термического влияния сварного соединения [4].

Для обеспечения качества при строительстве магистральных трубопроводов происходит интенсификация и совершенствование методов контроля. Иными словами, происходит поиск отклонений от требований нормативных документов и дальнейшее устранение выявленных дефектов. Из этого следует сделать вывод, что актуальными будут работы, направленные на предупреждению появления дефектов, что существенно снизит непроизводственные затраты [5].

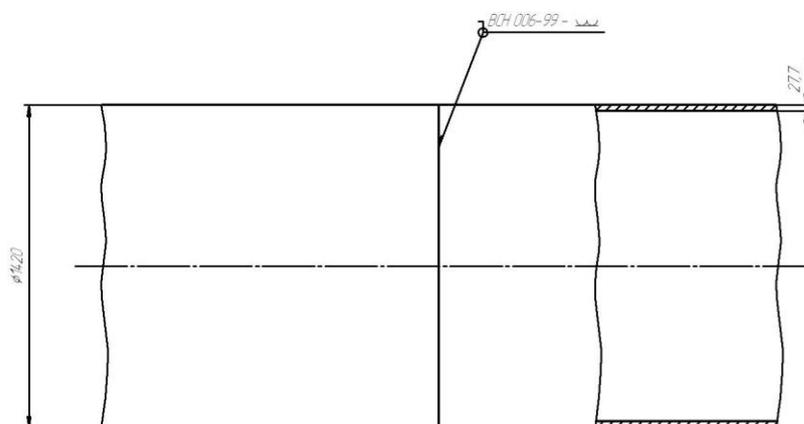
Данные по причинам отказов на магистральных трубопроводах России показывают, брак строительно-монтажных работ приводит к наибольшему количеству отказов. Так, для нефтепроводов эта цифра составляет порядка 25 % , для газопроводов - порядка 23 % от общего числа отказов [5, 6].

Таким образом, актуальна цель проекта - повышение надёжности магистральных трубопроводов за счёт разработки методики контроля качества их сварки.

1 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

1.1 Типовой технологический процесс сварки

В качестве типового процесса рассмотрим сварку захлёстов на магистральных трубопроводах с диаметром трубы 1420 мм и толщиной стенки 27,7 мм (рис. 1).



Способ сварки	Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	Автоматическая сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа
Подготовка кромок		
Форма шва		

Рисунок 1.1 – Стык магистрального трубопровода

Монтаж магистрального трубопровода с применением ручной дуговой сварки предусматривает выполнение следующих операций, которые будут описаны ниже.

Разметка и подготовка кромок

Производят замер на торцах труб периметров по внутренней и наружной поверхностям (точность до 1,0 мм). Далее обрезают конец трубы орбитальной газорезательной машинкой. Выполняют ультразвуковой контроль поверхности трубы, который необходимо производить по всему периметру и на ширину не менее 40 мм от торцев труб. В случае выявления расслоений после ультразвукового контроля обрезают трубу на расстояние не менее 300 мм от торца и производят дополнительный ультразвуковой контроль кромок на наличие расслоений. Кромки труб и прилегающие к ним внутреннюю и наружную поверхности шириной не менее 15 мм зачищают до чистого металла.

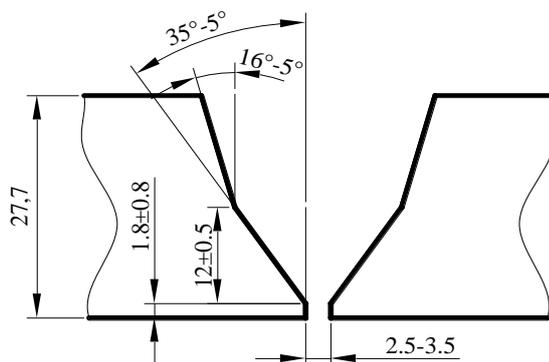


Рисунок 1.2 – Подготовка кромок труб под сварку

Сборка и прихватка

Сборку под сварку производят на наружном центраторе, который не должен оставлять недопустимых дефектов: загрязнения (масляные пятна), риски, царапины и др. на поверхности свариваемых элементов.

Выставляют зазор величиной 2,5...3,5 мм. В местах установки прихваток выполняют предварительный подогрев однопламенными горелками. Далее производят сварку не менее четырех прихваток длиной от 100 до 200 мм. Сами прихватки располагают равномерно по периметру сварного соединения. Необходимо, чтобы прихватки находились на расстоянии не

менее 100 мм от заводского сварного шва трубы.

Предварительный подогрев

Предварительный подогрев свариваемых кромок до температуры, $+100^{+30^{\circ}\text{C}}$ производят газопламенным нагревательным устройством. Необходимо обеспечить автоматический контроль нагрева регулирующей термопарой. Регулирующую термопару необходимо установить в нижней точке периметра стыка. Вручную температуру контролируют в верхней точке и на вертикальных участках стыка на расстоянии 10...15 мм и 60...75 мм в обе стороны от кромок.

Сварка

Выполняют сварку корневого слоя шва, температура на кромках труб перед сваркой корневого слоя шва не должна быть ниже, чем температура предварительного подогрева. В процессе сварки корневого удаляют прихватки с применением шлифмашинки.

Стягивающие механизмы центратора освобождают после сварки не менее 60% периметра стыка корневым слоем шва. Начало и конец каждого участка шва необходимо обрабатывать шлифмашинкой. Сварочную дугу возбуждают только на поверхности разделки кромок свариваемого соединения. Запрещено зажигание дуги на поверхности металла труб.

Места начала и окончания сварки каждого слоя сварного смещают от на расстояние не менее 100 мм от заводских сварных швов труб.

Сварку заполняющих и облицовочного слоев шва выполняют снизу вверх. В процессе сварки производят послойную зачистку швов от шлака и брызг. На расстоянии не менее 10 мм производится зачистка шлифмашинками поверхностей труб, которые прилегают к облицовочному слою шва от шлака и брызг наплавленного металла. После сварки необходимо накрыть сварное соединение, если температура окружающего воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$, или идут осадки. Для накрытия применяют влагонепроницаемый теплоизолирующий пояс. Накрытие производят до полного остывания.

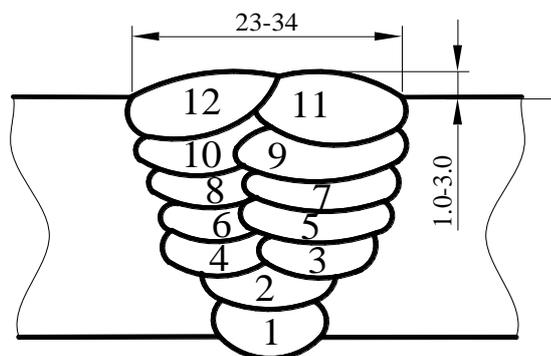


Рисунок 1.3 – Сварной шов труб: Минимальное количество слоев -7, проходов - 2

Для сварки корневого слоя шва применяют электроды марки LB-62U класса E9016-G по AWS 5.5 (Kobe Steel, Ltd., Япония).

Для сварки заполняющих и облицовочного слоёв шва применяют электроды марки Pipeliner 19P класса E10018-D2 H4R по AWS 5.5 «The Lincoln Electric Company», США)

Таблица 1.1 – Параметры режимов сварки

Сварочные слои	Марка электрода	Диаметр, мм	Полярность	Сварочный ток, А
Корневой	LB-62U	3.2	обратная	80-120
Заполняющие	Pipeliner 19P	3.2	обратная	80-120
Облицовочный	Pipeliner 19P	3.2	обратная	80-120

Контроль качества

Производят визуально – измерительный контроль 100% стыков. Облицовочный слой должен иметь плавные переходы к основному металлу, должны отсутствовать подрезы глубиной более 0,5 мм и наплывы. Наружные поры, свищи и не заваренные кратеры не допускаются.

Производят радиографический контроль 100% стыков. Недопустимы непровары и трещины любой длины и глубины. Для контроля качества используется аппарат рентгеновского контроля РПД-200 и шаблон сварщика УШС-3.

1.2 Дефекты сварки стыков трубопроводов

Дефекты сварных соединений описаны в [4, 7, 8, 9]. Нормы оценки качества сварных соединений при строительстве, реконструкции и ремонте газопроводов приведены в [9]. Для трубопроводов различают следующие дефекты:

- трещина сварного соединения;
- микротрещина сварного соединения;
- усадочная раковина сварного шва;
- вогнутость корня шва;
- свищ в сварном шве;
- пора в сварном шве;
- цепочка пор в сварном шве;
- непровар;
- шлаковое включение сварного шва;
- брызги металла;
- поверхностное окисление сварного соединения;
- подрез зоны сплавления;
- наплыв на сварном соединении.

В настоящее время благодаря принимаемым мерам по обеспечению безопасности на трубопроводах происходит снижение числа аварий на магистральных газопроводах России [10] (рис. 1.4).

Данные по причинам отказов на магистральных трубопроводах России (рис. 1.5) показывают, брак строительно-монтажных работ приводит к наибольшему количеству отказов. Так, для нефтепроводов эта цифра составляет порядка 25 % , для газопроводов - порядка 23 % от общего числа отказов [5, 6].

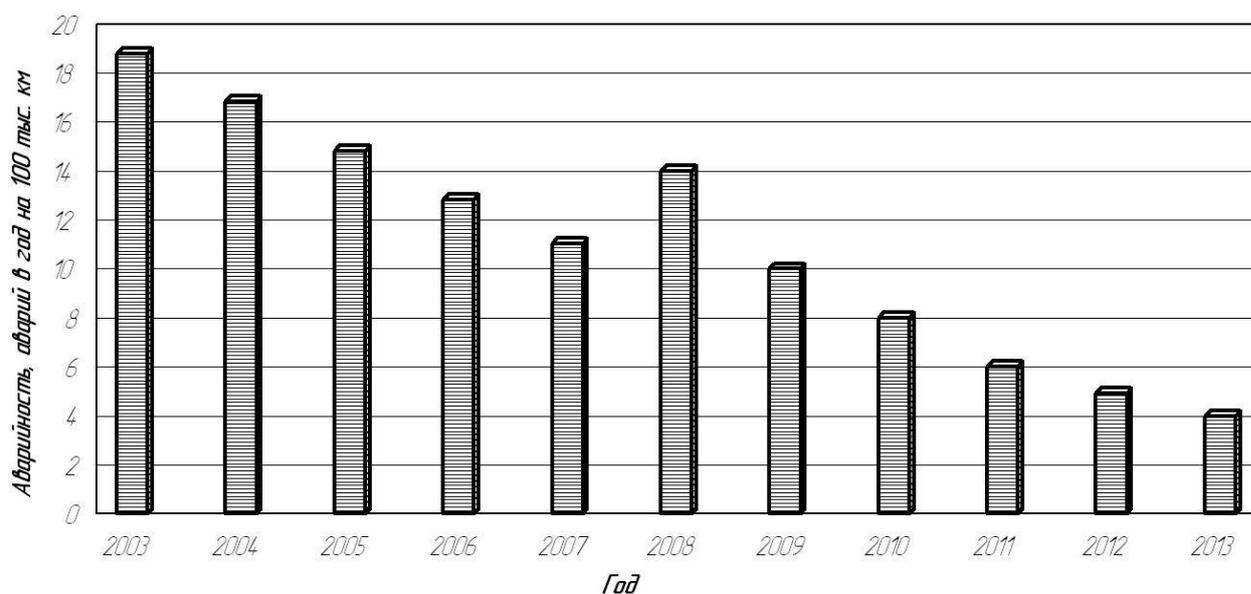
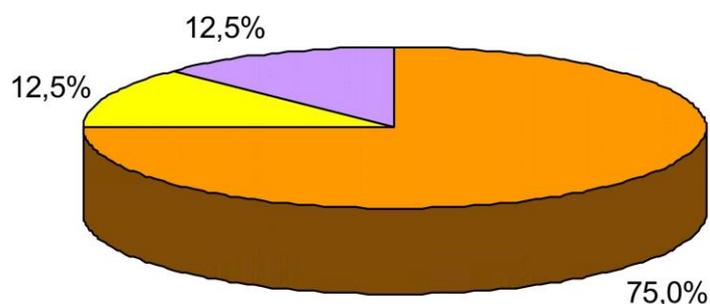
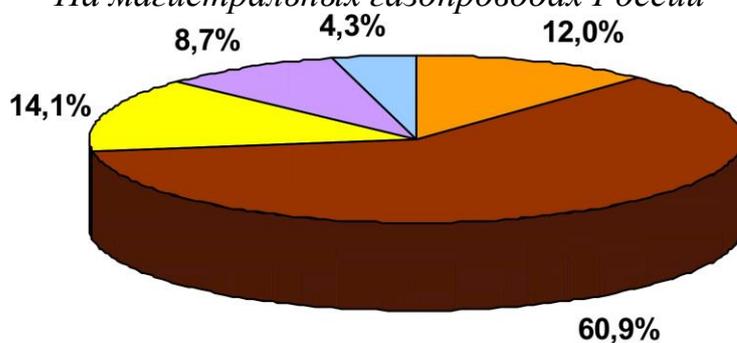


Рисунок 1.4 – Аварийность на трубопроводах, аварий в год [10]

На магистральных нефтепроводах России



На магистральных газопроводах России



- Внешнее механическое воздействие
- Коррозионное разрушение
- Брак строительно-монтажных работ
- Заводской брак изделия
- Ошибки персонала

Рисунок 1.5 – Классификация причина отказов на магистральных трубопроводах России

Сравнение параметров отказов российских трубопроводных систем с европейскими показывает, что их величины сопоставимы (рис. 1.6).

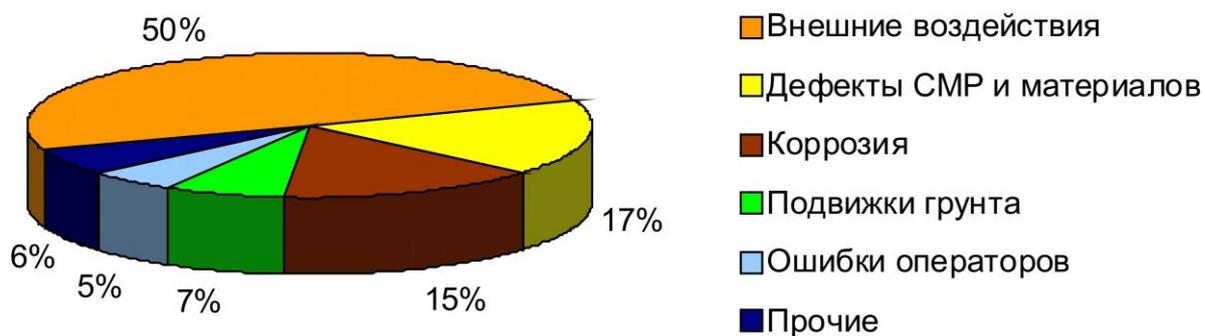


Рисунок 1.6 – Классификация причина отказов на магистральных трубопроводах Европы

1.3 Задачи проекта

В ходе анализа состояния вопроса был рассмотрен типовой технологический процесс сварки магистрального трубопровода с применением ручной дуговой сварки, обозначены возникающие при этом дефекты.

На основании вышеизложенного можно сформулировать 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.

2 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ СВАРКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

2.1 Организация и совершенствование контроля качества сварки

На основе сопоставления частоты появления дефектов в очагах отказов (рис. 2.1) определена вероятность бездефектности при различных методах контроля (рис. 2.2). Во вновь вводимых отраслевых нормативных документах по контролю качества предусматривается увеличение объемов контроля до 200...300%, как средство для решения задачи повышения безотказности трубопроводов это не является оптимальным.

Проведенный статистический анализ данных по выявляемости дефектов показал, что аналогичное повышение уровня выявления дефектов достигается дифференцированным выбором методов контроля, без увеличения его объема. Такой подход позволит не только повысить качество строительно-монтажных работ, но и позволит снизить затраты на контроль качества строительно-монтажных работ.

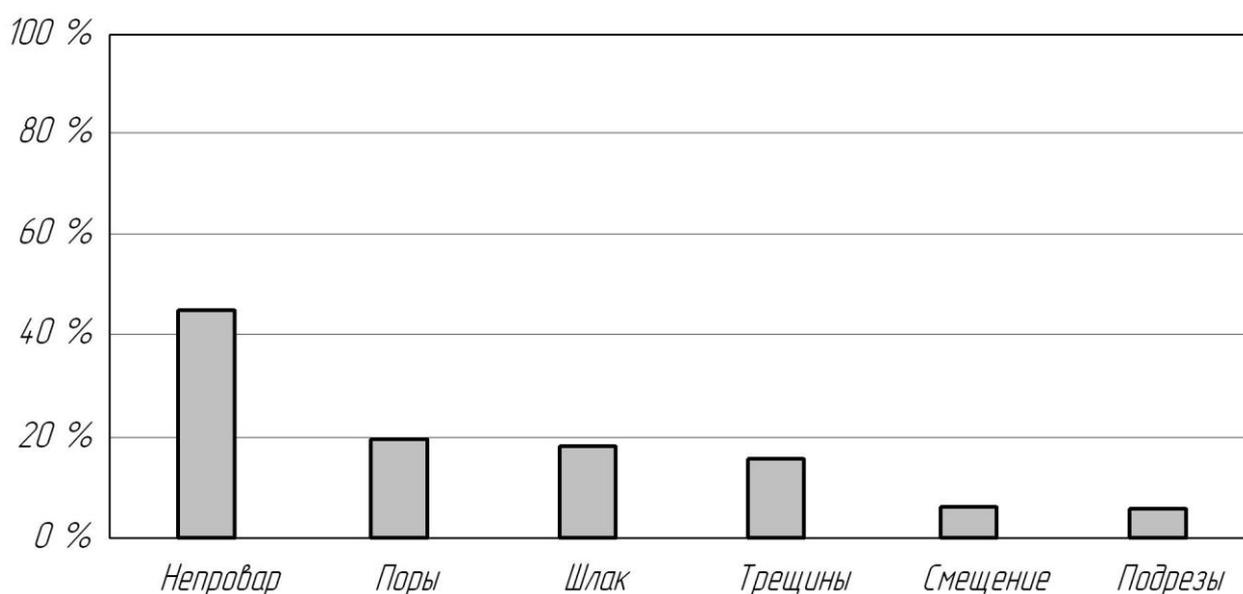


Рисунок 2.1 – Появление дефектов сварки в очагах отказов

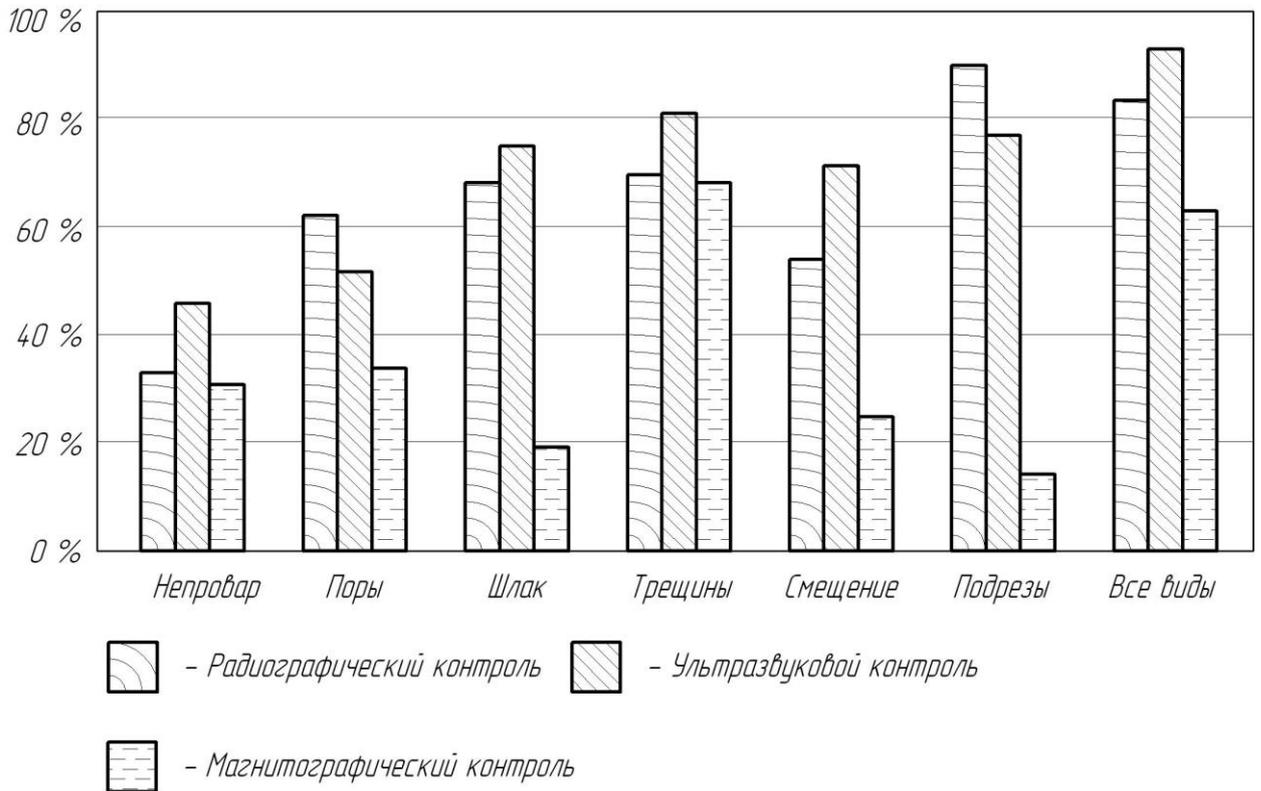


Рисунок 2.2 – Вероятность бездефектности при различных методах контроля

Часто при определении факторов, которые влияют на какой-либо результативный показатель, характеризующий качество, используют причинно-следственную диаграмму определения качества.

Причинно-следственная диаграмма (диаграмма Исикавы, диаграмма "рыбий скелет") применяется, когда требуется исследовать и изобразить все возможные причины определенных проблем или условий.

Причинно-следственная диаграмма была разработана, чтобы представить соотношения между следствием, результатом и всеми возможными причинами, влияющими на них. Следствие, результат или проблема обычно обозначаются на правой стороне схемы, а главные воздействия или "причины" перечисляются на левой стороне (рис. 2.3).

Порядок построения причинно-следственной диаграммы:

Этап 1. Описание выбранной проблемы, а именно: в чем ее особенности, где она возникает, когда проявляется и как далеко распространяется: Низкое качество сварки.

Этап 2. Перечисление причин, необходимых для построения причинно-следственной диаграммы:

- Персонал:

а) недостаточная мотивация (несправедливое распределение фонда заработной платы, нет личного стимулирования качества продукции, нет общественного контроля);

б) тяжёлые условия труда (завышение нормы из-за сокращения штатов, необходимость сверхурочной работы из-за низкой зарплаты, экономия на гигиене труда и средствах защиты, шумность);

в) низкая квалификация (нежелание работников повышать своё мастерство, нет средств на предприятии для организации достойных курсов повышения квалификации, плохое качество подготовки в вузах и техникумах, снижение интеллекта вследствие алкоголизации, табакокурения и наркоманизации общества);

г) социальная угнетённость (плохое содержание детей работников в детских садах и школах, развращение детей, боязненное ожидание старости и выхода на пенсию, негативное воздействие средств массовой информации, повышение цен на энергоносители, услуги ЖКХ, продовольствие, плохая экологическая ситуация в городе, плохое медицинское обслуживание родственников, непогашенные кредиты в банках, разлады в семьях и пр.)

- Оборудование:

а) износ (недостаточно квалифицированное и своевременное обслуживание, неудовлетворительное качество запасных частей, нет средств на своевременную замену);

б) неправильная эксплуатация (не используются все возможности оборудования, высоки уровень брака продукции);

в) плохое качество поставляемого оборудования (поставляемое новое оборудование ненадлежащего качества вследствие коррупции и откатов, неправильный выбор поставщиков);

г) моральное устаревание (нет средств для модернизации и замены оборудования, систем управления и контроля качества).

- Материалы:

а) низкое качество (низкая коррозионная стойкость и прочность вследствие нарушения технологии производства и закупок «левого» материала);

б) повышенный расход (низкая квалификация персонала, износ оборудования, большая доля брака);

в) неритмичность поставок (кризис неплатежей, «кидняки» при работе с непроверенными поставщиками).

- Технологии:

а) нерациональная последовательность операций;

б) низкая точность измерений.

Этап 3. Построение причинно-следственной диаграммы (рис. 2.5).

Этап 4. Анализ диаграммы: факторы и условия расставляются по значимости, устанавливаются те причины, которые в данный момент поддаются корректировке.

Этап 5. Толкование всех взаимосвязей.

Этап 6. Составление плана дальнейших действий.

Важнейшей функцией системы организации производства продукции предприятием-изготовителем является ее технический контроль, под которым понимают проверку соответствия объекта контроля установленным техническим требованиям.

Система технического контроля предусматривает организацию на предприятии службы технического контроля, которая наряду с технологическими службами должна обеспечивать высокое качество выпускаемой продукции.

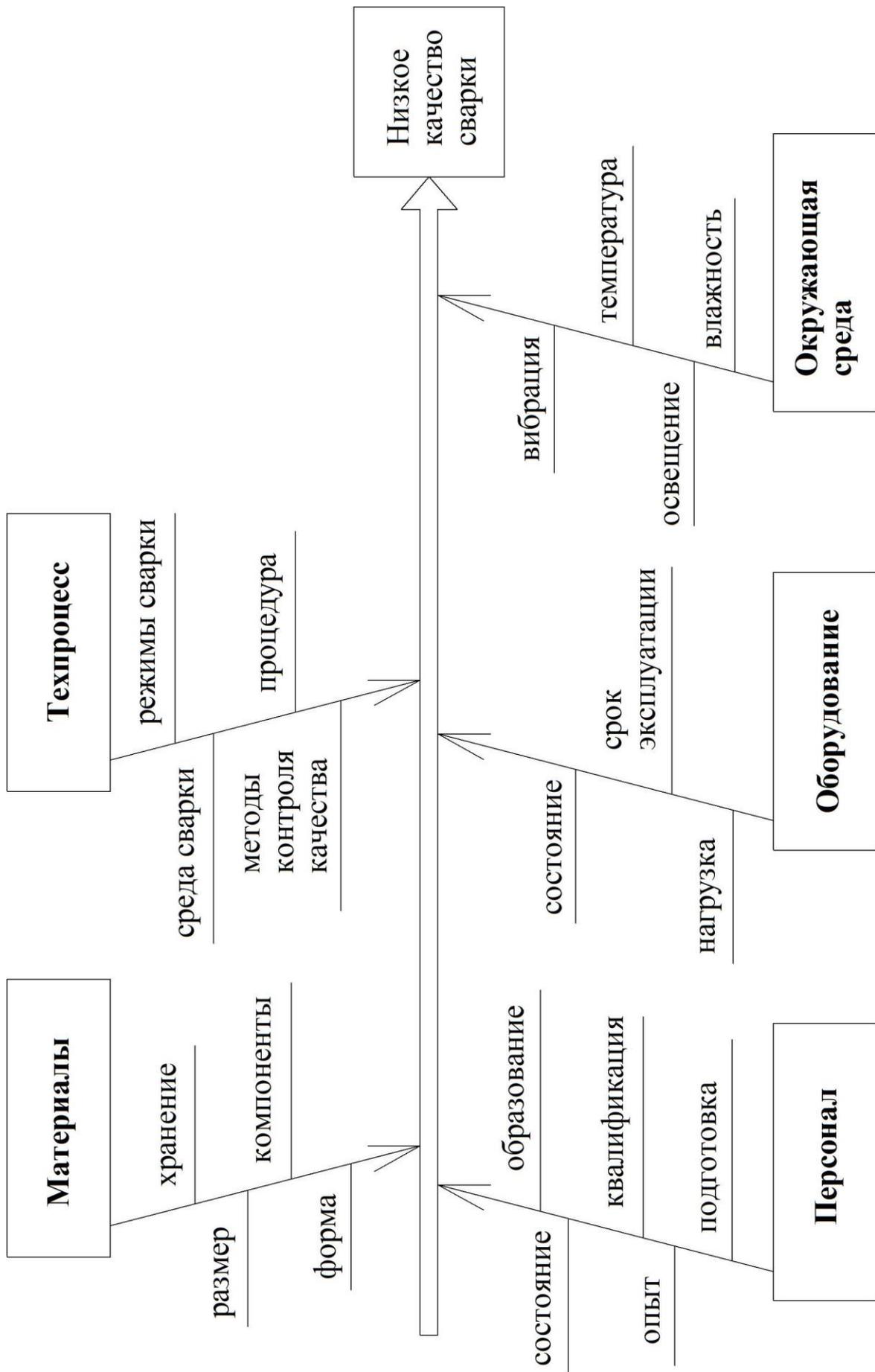


Рисунок 2.3 – Причинно-следственная диаграмма

Технический контроль проводится в соответствии с технической документацией и организуется по правилам, установленным стандартом предприятия. Алгоритм выполнения операции контроля представлен на схеме (рис. 2.4).

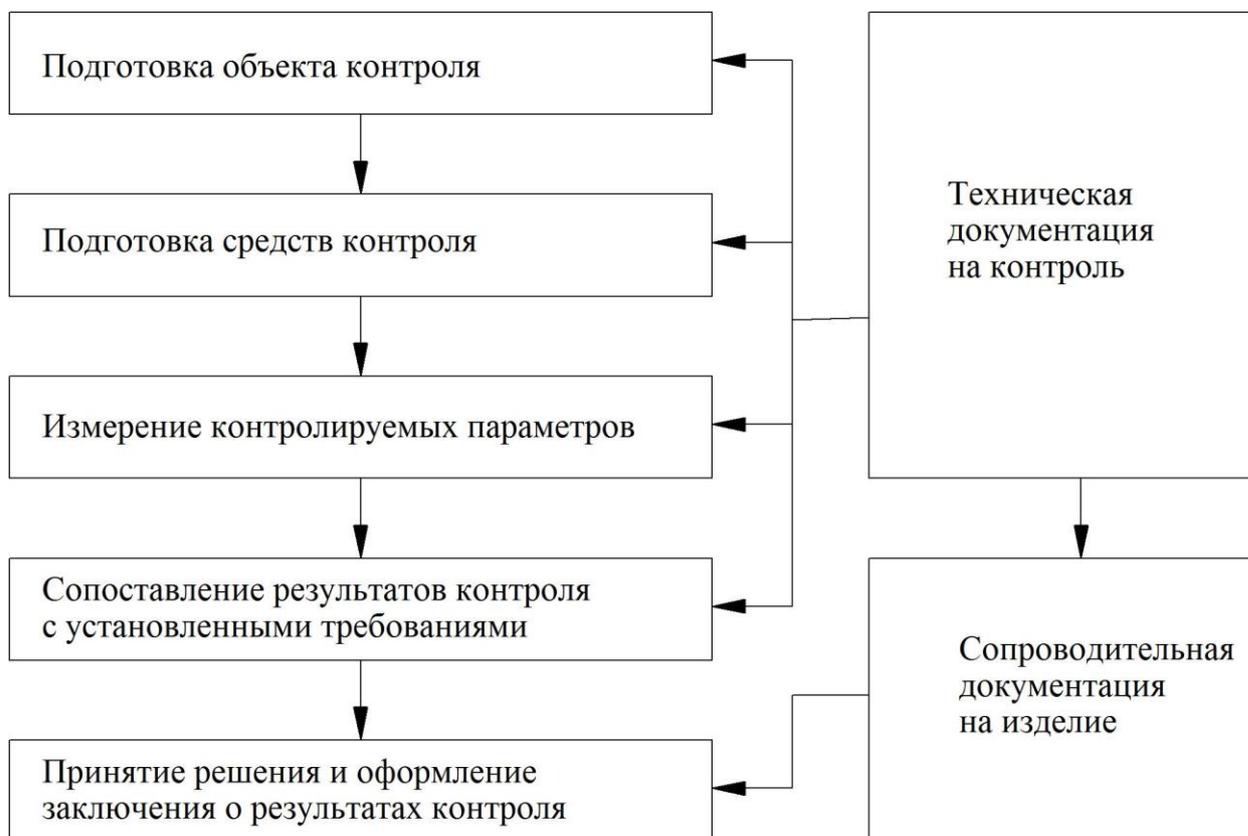


Рисунок 2.4 – Система технического контроля

Система технического контроля включает следующие основные элементы: объект контроля; метод и средства контроля; исполнители; техническая документация.

Под объектом контроля понимают продукцию на той или иной стадии технологического процесса, средства производства и технологические процессы.

Метод контроля – это совокупность определенных принципов и правил выполнения контроля.

К средствам контроля относят контрольно-измерительные приборы, инструменты, аппаратуру, материалы, применяемые при контроле (например, рентгеновская пленка).

Под исполнителями контроля понимают специалистов отдела технического контроля (ОТК) и работников центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ), занимающейся поверкой и ремонтом средств измерения.

При техническом контроле выявляют отклонения объекта контроля от установленных требований НТД (нормативно-технической документации).

Технологический контроль чертежей является одним из главных этапов создания технологичной конструкции, который должен производиться в стадии проектирования квалифицированным технологом-сварщиком. Контроль заключается в проверке правильности выбора сочетания толщин и марок материалов свариваемых деталей, правильности размещения сварных швов и выбора размеров сварных соединений, возможности свободного двух- или одностороннего подхода к месту сварки рабочими элементами машины, возможности контроля сварных швов, возможности максимальной механизации и автоматизации процессов сварки и контроля.

Контроль операций, сопутствующих сварке, включает в себя проверку размеров входящих деталей и узла после сборки и прихватки, марки металла и его технологического состояния, физического состояния поверхности деталей, качества антикоррозионных покрытий, правильности размещения и времени их нанесения, марки электродов и формы их рабочей поверхности, качества сборки, размеров и расположения прихваток, а также базовых размеров сборочных и прихваточных приспособлений.

Контроль сварки осуществляется сочетанием ряда приемов:

1. Контроль качества сварки по технологическим образцам, который представляет собой лишь косвенный способ оценки правильности подобранного режима сварки. Несмотря на это способ широко используется в промышленности и еще долгое время будет являться основной проверкой качества сварки и работы сварочного оборудования.

В целях большей достоверности целесообразно выполнять статистическую обработку испытаний технологических образцов.

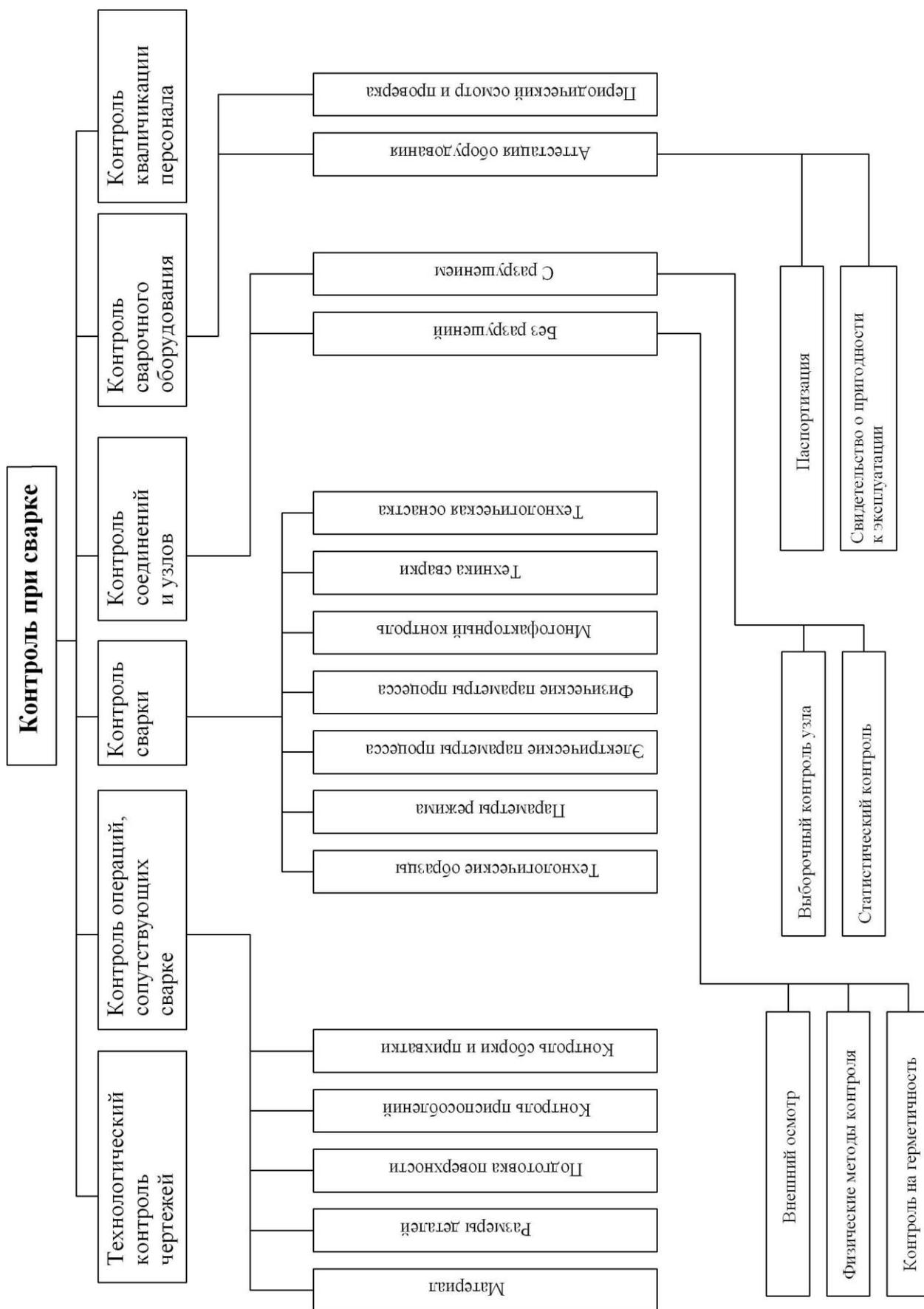


Рисунок 2.5 – Программа производственного контроля сварки

2. Контроль техники выполнения сварки направлен на предупреждение возможности образования дефектов как в сварном соединении, так и в сварном узле. Например, если при сварке плоскость сварного шва не перпендикулярна оси электрода, то образуется выплеск, часто сопровождающийся сквозными трещинами. Неправильная форма рабочей поверхности электрода может способствовать образованию непроваров. Ряд дефектов может вызвать загрязнение поверхности электродов-роликов и отсутствие их охлаждения, чрезмерный нагрев токоведущих элементов машины, касание деталей о неизолированные участки консолей, неодинаковая жесткость нижнего и верхнего электрододержателей и т. д. Качество выполнения перечисленных и других подобных операций зависит от квалификации сварщика и правильной организации контроля за техникой выполнения сварки.

3. Контроль сварочных приспособлений обычно заключается в периодической проверке базовых размеров и правильного расположения их относительно оси электродов. При использовании сложных приспособлений типа программных манипуляторов контроль осуществляется по специальной методике.

4. Контроль сопутствующий (электрических, механических и физических параметров процесса) заключается в периодических измерениях параметров режима сварки на сварочных машинах (переносными средствами локального измерения или с автоматическим подключением измерительных приборов к различным сварочным машинам с пульта дистанционного контроля), а также в непрерывном автоматическом слежении средствами пассивного и активного контроля за сигналами, отражающими качество сварки.

5. Установлено, что сигнал, пропорциональный одному параметру режима или процесса сварки, обеспечивает меньшую достоверность оценки качества сварки, чем при одновременном измерении двух и более параметров. Это объясняется отсутствием полного тождества между принятой

моделью процесса и фактическим процессом формирования соединения. При использовании так называемой многофакторной модели, определяемой несколькими параметрами, степень корреляции между моделью и реальными процессами увеличивается. При этом увеличивается и степень достоверности оценки качества.

Многофакторный контроль является одним из наиболее перспективных направлений на пути создания средств автоматического контроля в процессе сварки.

Квалификация обслуживающего персонала оказывает влияние на качество сварных узлов. От квалификации наладчиков зависит состояние сварочного оборудования и аппаратуры контроля; от сварщиков — качество прихватки и сварки узлов. В связи с этим к ним предъявляются определенные квалификационные требования в соответствии с разрядом работы, предусмотренные тарифно-квалификационным справочником.

Для проверки квалификации наладчиков и сварщиков периодически, не реже одного раза в год, проводят их аттестацию — проверку теоретических знаний, практических навыков в объеме специальных программ и подготовки в области техники безопасности. Аттестацию проводит комиссия, в состав которой входят главный сварщик (ГС), представители отдела главного энергетика (ОГЭ), отдела технического контроля (ОТК) и отдела подготовки кадров завода. Комиссия имеет право выдать наладчикам и сварщикам свидетельство о допуске к самостоятельной работе.

К аттестации допускаются рабочие, имеющие удостоверение о профессии наладчика сварочных машин, и квалификацию не ниже 5-го разряда или удостоверение о профессии электросварщика и квалификацию не ниже 4-го разряда. Кроме того, наладчики и сварщики должны иметь определенный стаж работы по специальности.

В программу практических навыков наладчиков должно входить следующее:

- 1) наладка сварочных машин с умением пользоваться существующими специальными приборами для измерения параметров режима сварки;
- 2) паспортизация сварочного оборудования и контрольной аппаратуры;
- 3) подбор режима сварки и контроль качества сварного соединения по технологическим образцам;
- 4) наладка аппаратуры автоматического пассивного и активного контроля процесса сварки.

В программу практических навыков сварщиков должно входить следующее: отработка режимов сварки деталей на различных типах сварочных машин; сварка и испытание технологических образцов; сварка узлов с соблюдением правил техники сварки.

Переаттестация наладчиков и сварщиков обычно производится по истечении установленного срока действия аттестата, при переходе с одного типа сварочной машины на другой и при перерывах в работе более шести месяцев. Кроме того, для сварщиков переаттестация необходима при изменении марки свариваемого металла деталей.

2.2 Процессный подход к управлению качества

Критерии. Периодичность и методы расчёта

Критерий №1 - Процент выполнения сменных заданий за месяц. Рассчитывается как процент выполненных сменных заданий к общему количеству сменных заданий за месяц:

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

где K_1 – критерий выполнения сменных заданий, %;

n – количество выполненных сменных заданий, шт.;

N – общее количество сменных заданий, шт.

Периодичность расчета – ежемесячно, ответственный – начальник участка сварки. Средством сбора информации о выполнении сменного задания производственным участком является график изготовления, метод получения – ежемесячно отметка в графике, ответственный – Начальник участка сварки.

Критерий №2 - Уровень дефектности готовой продукции в производстве. Рассчитывается как PPM суммы несоответствующих сварных кузовов, выявленных на производстве к общему объему сварных кузовов за отчетный период:

$$K_2 = \frac{\sum n_{\phi}}{\sum N_{\phi}} \cdot 10^6, \quad (2.2)$$

где K_2 – уровень дефектности;

$\sum n_{\phi}$ – количество несоответствующих узлов;

$\sum N_{\phi}$ – общее количество готовых сварных узлов.

Периодичность расчета - ежемесячно, ответственный - начальник Бюро технического контроля (БТК). Средством сбора информации о количестве несоответствий в производстве является периодический контроль в процессе производства и его регистрация в соответствующих документах, по итогу за отчетный период оформляется справка «Уровне дефектности готовой продукции. Метод получения - контроль в соответствии с картами контроля, ответственный - начальник БТК.

Средством сбора информации о количестве изготовленной продукции является отметка в графике изготовления, метод получения - анализ графика изготовления, ответственный - начальник планового управления (ПУ).

Инструменты и методы мониторинга

Критерий №1 – процент выполнения сменных заданий за месяц. Отметка количества готовых сварных стыков в графике изготовления – ежемесячно (приложение №1). По итогам работы за месяц выполняется расчет

количества отклонений и сравнение полученных данных с установленным нормативом, для визуальной оценки строится график (приложение №2). Простои производства фиксируются в «карте простоя» (приложение №3) с указанием виновника и передается в другие процессы.

Критерий №2 – Уровень дефектности готовой продукции в производстве. Периодический сбор данных об уровне дефектности продукции в производстве, и сравнение полученных данных с установленным нормативом. По итогам работы за месяц строится графики уровня дефектности (приложение №4).

Анализ процессов на результативность

Процесс является результативным если:

Критерий №1 - Процент выполнения сменных заданий за месяц. Значение уровня выполнения сменных заданий за месяц $K_1 > 95 \%$.

Критерий №2 - Уровень дефектности готовой продукции в производстве. Значение уровня дефектности в производстве, за период (месяц) $K_2 < 200$ PPM.

Управление процессом

Критерий №1 – процент выполнения сменных заданий за месяц.

- В случае если значение критерия меньше нормативного значения, необходимо провести анализ причины, разработать корректирующие действия либо передать результаты анализа уполномоченному по качеству от высшего руководства для корректировки других процессов.

- Наблюдается отрицательный тренд (тенденция на уменьшение % выполнения сменных заданий) необходимо разработать предупреждающие действия.

Критерий №2 – Уровень дефектности готовой продукции в производстве.

- В случае превышения нормативного значения необходимо провести анализ причины, разработать корректирующие и убедиться в их результативности.

- В случае наблюдения положительного тренда (тенденция на увеличение уровня дефектности готовой продукции в производстве) необходимо разработать предупреждающие действия .

Методы улучшения процесса

Для улучшения процесса применяются следующие методы:

- групповая работа;
- сравнительный анализ;
- статистические методы анализа;
- изучение опыта «лучший в классе».

2.3 Способ контроля качества сварки трубопровода

До недавнего времени контроль кольцевых сварных соединений в России проводился практически только методом радиографического контроля с подтверждением ручным ультразвуковым контролем, в то время как по миру уже с начала 90х годов все более широкое распространение стали получать методы автоматизированного ультразвукового контроля. Некоторые эксперты оценивают отставание России от мирового уровня в использовании методов неразрушающего контроля примерно на 10...15 лет, в то время как требования нормативной документации по качеству сварки во многом не уступают мировым стандартам.

На небольших проектах, где темпы строительства не очень актуальны, радиографические методы продолжают успешно применяться. Кроме того, они продолжают оставаться актуальными при контроле сварных соединений на изделиях сложной формы, как, например, трубные детали. Однако на протяженных проектах, где скорость выполнения работ является критическим фактором, методы радиографического контроля существенно тормозят темпы строительства.

Кроме того, время, необходимое для выполнения радиографического контроля, существенно задерживает начало установки систем антикоррозионной защиты на готовый сварной стык, что, в свою очередь, увеличивая время подготовки поверхности этого стыка перед нанесением изоляции и потенциально ведет к снижению качества защиты.

Широкое внедрение систем ультразвукового контроля долгое время тормозилось:

- отсутствием автоматизации процесса выполнения контроля,
- отсутствием автоматической расшифровки результатов,
- отсутствием критериев отбраковки стыков с учетом возможностей метода.

В последние годы в связи с решением всех указанных выше проблем данный метод был признан и закреплён в большинстве международных норм и стандартов для методов неразрушающего контроля трубопроводов, инфраструктуры и площадочных объектов.

В процессе сварки в металле шва и зоне термического влияния могут возникать различные отклонения от установленных норм и технических требований, приводящие к ухудшению работоспособности сварных конструкций, снижению их эксплуатационной надежности. В зависимости от причин возникновения дефекты можно разделить на две группы:

- дефекты, связанные с металлургическими и тепловыми явлениями, происходящими в процессе образования, формирования и кристаллизации сварочной ванны и остывания сварного соединения (горячие и холодные трещины в металле шва и околошовной зоне, поры, шлаковые включения);
- дефекты, происхождение которых связано в основном с нарушением режима сварки, неправильной подготовкой и сборкой элементов конструкции под сварку, неисправностью оборудования.

Известные устройства для автоматического перемещения измерительной каретки не обладают высокой надежностью вследствие перегрузки подвижной части сканера (каретки) системой подачи контактной жидкости и длинными подводными кабелями, возможности обрыва этих

кабелей при движении каретки, а также ввиду неравномерности подачи контактной жидкости в истекательные головки.

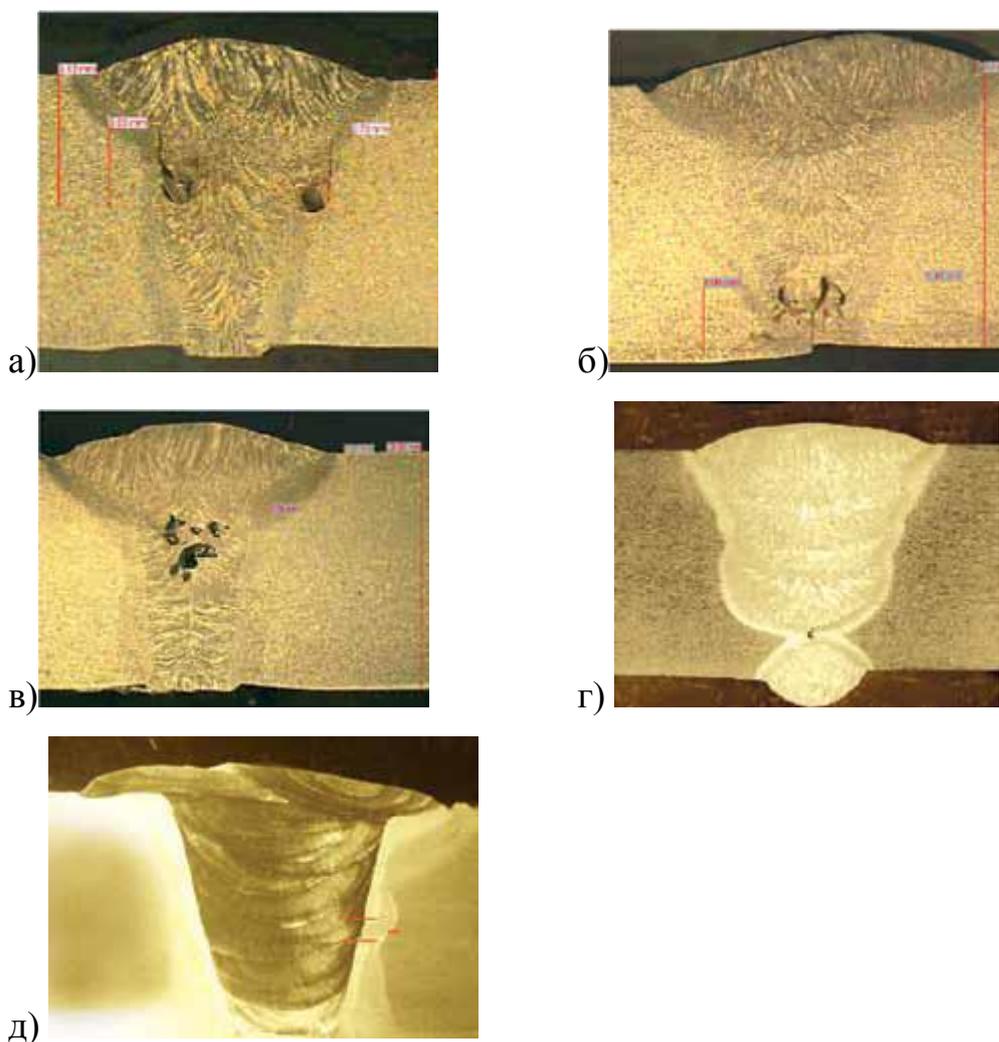


Рисунок 2.6 – Дефекты, определяемые в ходе автоматизированного ультразвукового контроля соединений: а) несплавление; б) дефект в корне шва; в) поры; г) непровар; д) несплавление по кромке

Предлагаемое устройство (рис. 2.7) содержит разъемную направляющую 1, каретку 2 с приводом продольного перемещения и рамкой 3 с приводом поперечного перемещения; механизм 4 взаимного перемещения истекательных головок; держатели 5 с истекательными головками 6, датчики пути 7, вмонтированные в приводы; дефектоскопическую аппаратуру 8; блок питания и управления 9; систему обработки информации и регистрации 10; кабельную катушку 11 с основным жгутом 12; подвеску 13, состоящую из платформы 14, прижимов 15 и карданной вилки 16 и несущую на себе

емкость 17 с контактной жидкостью, насос 18, соединенный с емкостью гибкой трубкой 19, входной 20 и выходной 21 разъемы питания и управления, входные 22 и выходные 23 высокочастотные разъемы, элементы 24 ручного управления; промежуточный жгут кабелей 25 с эластичной трубкой 26, соединяющей насос с искательными головками.

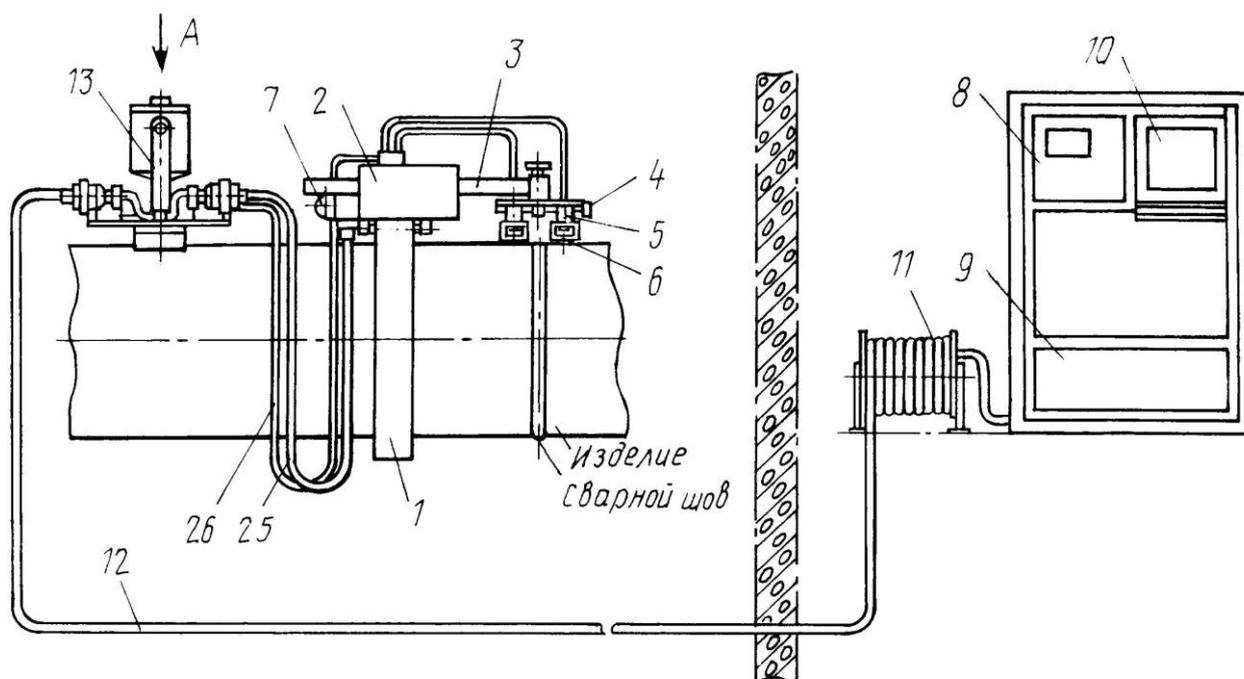


Рисунок 2.7 - Устройство для АУЗК сварных кольцевых швов

Работает устройство следующим образом. Перед контролем дефектоскопическая аппаратура 8, блок питания и управления 9 и система 10 обработки информации и регистрации располагается на некотором расстоянии (в пределах длины основного жгута 12) от объекта контроля, определяемого особенностями последнего. На изделии в зоне сварного стыка закрепляется направляющая 1, на которую устанавливается каретка 2 со всеми входящими в нее элементами (3,7). Рядом в удобном положении на изделие устанавливается подвеска 13 и крепится прижимами 15. При этом, за счет карданной вилки 16 емкость 17 с контактной жидкостью занимает вертикальное положение. К входным разъемам 20 и 22 подсоединяются ответные части разъемов основного жгута 12, а к выходным 21 и 23 и к разъемам, установленным на каретке (на рисунках не обозначены),

промежуточного жгута 25, который образует петлю длиной, немногим больше длины окружности. Насос 18 соединяют эластичной трубкой 26 жгута 25 с искательными головками 6, с помощью элементов 24 ручного управления каретку 2 и рамку 3 устанавливают в фиксированное исходное положение, а затем с дистанционного блока питания и управления 9 включают контроль. Включается насос 18 и контактная жидкость подается в искательные головки 6. После установления стабильного акустического контакта включаются приводы каретки 2 и рамки 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 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

Монтаж магистрального трубопровода с применением ручной дуговой сварки предусматривает выполнение следующих операций:

- Разметка и подготовка кромок
- Сборка и прихватка
- Предварительный подогрев
- Сварка
- Контроль качества

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Технологическая операция , вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	2	3	4
1. Разметка и подготовка кромок	Слесарь-сборщик, дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	Линейка, шлифмашинк, орбитальная газовая резка, ультразвуковой дефектоскоп	Вода техническая, круг абразивный
2. Сборка и прихватка	Слесарь-сборщик	Центратор наружный, сварочный пост Lincoln DC-400	Воздух сжатый, сварочные электроды
3. Предварительный подогрев	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Газопламенное нагревательное устройство	Ацетилен, кислород

1	2	3	4
4. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Центратор наружный, сварочный пост Lincoln DC-400	Сварочные электроды
5. Контроль качества	Дефектоскопист рентгенографирования	Установка РПД-200	Радиографическая плёнка

Таблица 3.2 – Идентификация профессиональных рисков

Производственно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и / или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Разметка и подготовка кромок	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования - повышенный уровень ультразвука 	<p>Линейка, шлифмашинк, орбитальная газовая резка, ультразвуковой дефектоскоп</p>
2. Сборка и прихватка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенный уровень ультрафиолетового излучения - повышенный уровень инфракрасного излучения - повышенная температура поверхностей оборудования, материалов 	<p>Центратор наружный, сварочный пост Lincoln DC-400</p>

1	2	3
3. Предварительный подогрев	- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Газопламенное нагревательное устройство
4. Сварка	- повышенная температура поверхностей оборудования, материалов - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека - повышенный уровень ультрафиолетового излучения - повышенный уровень инфракрасного излучения	Центратор наружный, сварочный пост Lincoln DC-400
6. Контроль качества	- повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне	Установка РПД-200

Таблица 3.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	2	3
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	Инструктаж по технике безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения	-

1	2	3
3. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Инструктаж по технике безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	-
5. Повышенный уровень ультрафиолетового излучения	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенный уровень инфракрасного излучения	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне	Экранирование, увеличение расстояния от источника излучения и ограничение времени пребывания оператора в опасной зоне.	-

Таблица 3.4 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок сварки трубопровода	Установка нагрева, сварочные источники	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества; термохимические воздействия используемых при пожаре огнетушащих веществ на предметы и людей при пожаре

Таблица 3.5 - Технические средства обеспечения пожарной безопасности

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОП-5	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	-

Таблица 3.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве

Таблица 3.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технологического процесса	Структурные составляющие технологического процесса	Воздействие технического объекта на атмосферу	Воздействие технического объекта на гидросферу	Воздействие технического объекта на литосферу
Сварка трубопровода	Подготовка, сборка, сварка	газообразные частицы; сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	упаковка от проволоки бумажная и полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.

Таблица 3.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	установка различных контейнеров, для бытового мусора и для производственных отходов, отдельный контейнер для металлолома, соответствующие надписи на них, инструктаж среди производственного персонала, как правильно складывать в контейнера мусор, отходы.

В ходе выполнения данного раздела были выявлены опасные и вредные производственные факторы при сварке магистральных трубопроводов.

Сделан анализ возможности их устранения и уменьшения, который показал, что использование стандартных средств обеспечения безопасности и санитарии производства вполне обеспечит безопасность работника при реализации предложенных технологических решений.

Разработка специальных и дополнительных средств защиты не требуется. Имеет место угроза для экологической безопасности. Поэтому необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

4.1 Исходные данные

В бакалаврской работе были разработаны пути повышения эффективности контроля качества при сварке магистральных трубопроводов из стали марки прочности К65. По базовому варианту используется ручная дуговая сварка штучными электродами, контроль качества производится рентгеновский. В проектном варианте предлагается применить автоматический ультразвуковой контроль. Это позволит значительно повысить производительность контрольных операций, а также существенно повысит качество сварки трубопровода за счёт возможности промежуточного автоматического контроля стыка трубопровода, а также позволит сократить время на исправление дефектов стыка. В связи с тем, что изменяется только сама технология сварки, рассчитаем затраты на сварной стык.

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчёта

Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Значение по вар.	
			Баз.	Пр.
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
Разряд рабочего	Р.р.		V	V
Часовая ставка	Сч	Р/час	200	200
Коэффициент отчислений на доп. з/пл	Кдоп.	%	12	12
Коэффициент доплат к основной з/пл	Кд.	-	1,88	1,88
Норма амортизации оборудования	На	%	21,5	21,5
Норма амортизации на площади	На.пл.	%	5	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Коэффициент отчислений на соц. нужды.	Ксс	%	34	34
Коэф-т. траспортно-заготовит. расходов	Кт -з	%	5	5
Коэф. затрат на монтаж и демонтаж	Кмонт. Кдем.	%	3	5
Цена 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.	2780000 190000 3700000 93000 100000 -	2780000 190000 - 93000 100000 2500000
			6863000	5663000
Потребляемая мощность	Муст	кВт	200	200
Стоимость э-энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
Коэф-т выполн. нормы	Квн	-	1,1	1,1
Коэф-т полезн. действия	КПД	-	0,7	0,7
Нормативный коэф. эффективности доп. кап. вложений	Ен	-	0,33	0,33
Цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
Заводские расходы	Кзав	-	1,15	1,15
Коэф. выполнения нормы	Кв		1,03	1,03
Штучное время	тмаш	час	2,5	1,8
Стоимость электродов	Цэл	руб/кг	300	-

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

Номинальный годовой фонд времени работы оборудования

$$F_n = (D_p \cdot T_{cm} - D_n \cdot T_n) \cdot C, \quad (4.1)$$

где D_p – количество рабочих дней в году;

T_{cm} – продолжительность смены;

$T_{п}$ – количество часов, на которые сокращается смена в предпраздничные дни;

$D_{п}$ – количество предпраздничных дней;

C – количество смен.

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

Эффективный фонд времени работы оборудования

$$F_{э} = F_{н} \cdot (1 - B/100), \quad (4.2)$$

где B – плановые потери рабочего времени.

$$F_{э} = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108 \text{ ч.}$$

4.3 Расчет годовой программы и коэффициента загрузки

Определение годовой программы объемов сварочных работ:

$$Пг = F_{э} / t_{шт} \quad (4.2)$$

где $F_{э}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

$t_{шт}$ – штучное время сварки одного стыка

$$Пг.б. = 4108 / 2,5 = 1643 \text{ ст./год;}$$

$$Пг.пр. = 4108 / 1,8 = 2282 \text{ ст/год.}$$

Принимаем для расчетов программу – 1500 стыков в год.

Определение количества оборудования

$$n_{\text{ДАН} \times} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot \dot{I}_{\text{А}}}{F_{\text{Y}} \cdot \hat{E}_{\text{АI}}} \quad (4.3)$$

где $t_{шт}$ – штучное время;

$Пг$ – годовая программа выпуска изделий;

$F_{э}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения нормы.

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

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

Принимаем по 1 единице оборудования по базовому и проектному вариантам.

Коэффициент загрузки оборудования:

$$K_z = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.4)$$

где $n_{\text{расч}}$ – расчетное количество оборудования,

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

$$K_{zб} = 0,89/1 = 0,89$$

$$K_{zп} = 0,64/1 = 0,64$$

4.4 Расчет заводской себестоимости сравниваемых вариантов сварки

Расчет затрат на материалы по базовому и проектному вариантам

$$M = C_m \cdot N_p \cdot K_{т-з}, \quad (4.5)$$

где C_m – стоимость материала;

$K_{т-з}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

По базовому и проектному вариантам сварка ведется РДС с применением покрытых электродов, однако по проектному варианту количество сварки существенно сокращается за счёт введения промежуточного контроля, следовательно, уменьшатся и расходы материалов. На материалы рассчитаем затраты исходя из разработанной технологии (при сварке с использованием РДС масса наплавленного металла составляет 7,5 кг, с учётом расхода электродов как 1,7:1 масса электродов составит 12,75 кг, при сварке по проектному варианту масса наплавленного металла составляет 5,4 кг, с учётом расхода электродов как 1,7:1 масса электродов составит 9,18 кг).

$$M_b = 300 \cdot 12,75 \cdot 1,05 = 4016,26 \text{ руб.}$$

$$M_p = 300 \cdot 9,18 \cdot 1,05 = 2891,70 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) складывается из основной и дополнительной заработной платы:

Основная заработная плата.

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot Сч \cdot Кд \quad (4.6)$$

где $Сч$ – часовая тарифная ставка;

$Кд$ – коэффициент доплат к основной заработной плате

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

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

Дополнительная заработная плата

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot К_{доп} / 100, \quad (4.7)$$

где $К_{доп}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на дополнительную заработную плату

$$Z_{допб} = 940,00 \cdot 12 / 100 = 112,80 \text{ руб.};$$

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

$$\text{ФЗПб} = 940,0 + 112,8 = 1052,8 \text{ руб.};$$

$$\text{ФЗПпр} = 676,80 + 81,22 = 758,02 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды:

$$O_{сн} = \text{ФЗП} \cdot К_{сс} / 100, \quad (4.8)$$

где $К_{сс}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды.

$$O_{снб} = 1052,8 \cdot 34 / 100 = 357,95 \text{ руб.}$$

$$O_{снпр} = 758,02 \cdot 34 / 100 = 257,73 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{э-э}, \quad (4.9)$$

где $A_{об}$ – амортизация оборудования;

$P_{э-э}$ – расходы на электроэнергию;

Амортизация оборудования:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot N_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100}, \quad (4.10)$$

где $Ц_{об}$ – стоимость оборудования;

N_a – норма амортизации оборудования.

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

$$\dot{A}_{iá} \cdot \ddot{\delta} = \frac{5663000 \cdot 21,5 \cdot 1,8}{4108 \cdot 100} = 533,49 \text{ руб.}$$

Расход на электроэнергию

$$D_{\acute{Y}-\acute{Y}} = \frac{\dot{I} \cdot \acute{O}\ddot{N}\acute{O} \cdot t_{i \grave{a}\grave{g}} \cdot \ddot{O}_{\acute{Y}-\acute{Y}}}{\hat{E}\ddot{I} \ddot{A}} \quad (4.11)$$

где $M_{уст}$ – суммарная потребляемая мощность установок;

$\text{Ц}_{\acute{E}-\acute{E}}$ – стоимость электроэнергии;

КПД – коэффициент полезного действия

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

$$D_{\acute{Y}-\acute{Y}} \cdot \ddot{\delta} = \frac{200 \cdot 1,8 \cdot 1,75}{0,7} = 900,00 \text{ руб.}$$

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

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

Технологическая себестоимость

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \text{ФЗП} + \text{Осн} + \text{Зоб} \quad (4.12)$$

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

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

Цеховая себестоимость

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + \text{Зосн} \cdot K_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.13)$$

где $K_{\text{ЦЕХ}}$ – коэффициент цеховых расходов

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

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

Заводская себестоимость

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + \text{Зосн} \cdot K_{\text{ЗАВ}} \quad (4.14)$$

где $K_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов

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

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

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки

Таблица 4.2 – Калькуляция себестоимости

ПОКАЗАТЕЛИ	Усл. обоз.	Калькуляция., руб	
		Базов.	Проект.
Материалы	М	4016,26	2891,70
Фонд заработной платы	ФЗП	1052,8	758,02
Отчисления на соц. нужды	Осн	357,95	257,73
Расходы на оборудование	Зоб	2147,97	1433,49
Себестоимость технологич.	Стех	7574,98	5340,94
Расходы цеховые	Рцех	1410,0	1015,20
Себестоимость цеховая	Сцех	8984,98	6356,14
Расходы заводские	Рзав	1081	778,32
Себестоимость заводская	Сзав	10065,98	7134,46

4.6. Расчет капитальных затрат на сварку

Капитальные затраты по базовому варианту:

$$K_{\text{ОБЩБ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.15)$$

где $K_{\text{З}}$ – коэффициент загрузки оборудования;

$Ц_{\text{ОБ.Б.}}$ – остаточная стоимость оборудования с учетом срока службы (руб);

n – количество оборудования, необходимого для выполнения производственной программы.

$$Ц_{\text{ОБ.Б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot N_{\text{А}} / 100), \quad (4.16)$$

где $Ц_{\text{ПЕРВ.}}$ – стоимость приобретения оборудования (руб)

$T_{\text{СЛ}}$ – срок службы оборудования на момент выполнения бакалаврской работы (лет)

$N_{\text{А}}$ – норма амортизации оборудования (%).

$$Ц_{\text{ОБ.Б.}} = 6863000 - (6863000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 2436365 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩБ}} = 1 \cdot 2436365 \cdot 0,89 = 2168364 \text{ руб.}$$

Общие капитальные затраты по проектному варианту:

$$K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{СОПР}}, \quad (4.17)$$

где $K_{\text{ОБ}}$ – капитальные вложения в оборудование;

$K_{\text{СОП}}$ – сопутствующие капитальные вложения.

$$K_{\text{ОБПР}} = C_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Г-З}} \cdot K_{\text{ЗПР}} \quad (4.18)$$

$$K_{\text{ОБПР}} = 5663000 \cdot 1,05 \cdot 0,64 = 3805536 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.19)$$

где $K_{\text{ДЕМ}}$ – затраты на демонтаж базового оборудования;

$K_{\text{МОНТ}}$ – затраты на монтаж оборудования.

$$K_{\text{ДЕМ}} = C_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.20)$$

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

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

$$K_{\text{МОНТ}} = C_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.21)$$

где $K_{\text{МОНТ}}$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж проектного оборудования.

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

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

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

Дополнительные капитальные вложения:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.22)$$

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

Удельные капитальные вложения

$$K_{\text{УД}} = K_{\text{ОБЩ}} / \Pi_{\text{Г}}, \quad (4.23)$$

где $\Pi_{\text{Г}}$ – годовая программа выпуска.

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

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

4.7 Показатели экономической эффективности разрабатываемой технологии сварки

Показатель снижения трудоемкости

$$\Delta t_{\text{ШП}} = \frac{t_{\text{ШПБ}} - t_{\text{ШППР}}}{t_{\text{ШПБ}}} \cdot 100\% \quad (4.24)$$

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

Показатель повышения производительности труда

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШП}}}{100 - \Delta t_{\text{ШП}}}, \quad (4.25)$$

$$П_{\text{T}} = \frac{100 \cdot 28}{100 - 28} = 39\%$$

Показатель снижения технологической себестоимости

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.26)$$

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

Условно-годовая экономия

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot П_{\text{T}} \quad (4.27)$$

$$\text{Э}_{\text{У.Г.}} = (10065,98 - 7134,46) \cdot 1500 = 4397280 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений

$$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{ДОП}}}{\text{Э}_{\text{УГ}}} \quad (4.28)$$

$$\text{Э}_{\text{Г}} = \frac{2263472}{4397280} = 0,51$$

Годовой экономический эффект в сфере производства

$$\text{Э}_{\text{Г}} = \text{Э}_{\text{УГ}} - \text{Е}_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ДОП}} \quad (4.29)$$

$$\text{Э}_{\text{Г}} = 4397280 - 0,33 \cdot 2263472 = 3650334 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект в сфере эксплуатации:

$$\text{ЭГЭ} = [\text{С}_{\text{ЗАВБ}} \cdot \text{T}_2 / \text{T}_1 - (\text{С}_{\text{ЗАВПР}} + \text{Е}_\text{Н} \cdot \text{К}_{\text{УДПР}})] \cdot \text{Пг} \quad (4.30)$$

где T_2 и T_1 – срок службы по проектному и базовому вариантам соответственно.

$$\text{ЭГЭ} = [10065,98 \cdot 15/10 - (7134,46 + 0,33 \cdot 2954)] \cdot 1500 = 10485270 \text{ руб.}$$

Суммарный экономический эффект:

$$\text{Э}\Sigma = \text{Э}_{\text{ГЛ}} + \text{ЭГЭ} = 3650334 + 10485270 = 14135604 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

В экономической части были произведены ряд расчетов по определению: технологической и заводской себестоимости сварки трубопроводов.

При внедрении проектной технологии контроля качества трудоемкость снижается на 28 %, производительность труда повышается на 39 %, при этом технологическая себестоимость снижается на 29,5 %. Условно-годовая экономия при проведении сварки трубопровода составит 4397280 руб.

Годовой экономический эффект в сфере производства и эксплуатации с учетом дополнительных капитальных вложений составит 14135604 руб.

Следовательно, можно сделать вывод, что предлагаемая технология сварки трубопровода экономически эффективна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

В работе была поставлена цель – 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 14135604 руб.

Цель работы можно считать достигнутой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мазур, И.И. Безопасность трубопроводных систем / И.И. Мазур, О.М. Иванцов. – М.: ИЦ «Елима». – 2004. – 1104 с.
2. Вышемирский Е. М. Состояние и основные направления развития сварочного производства ОАО «Газпром» // Сварка и Диагностика. – 2009. – № 1. – С. 16 – 19.
3. Вышемирский, Е.М. Новые технологии сварки при строительстве и ремонте газопроводов / Е.М. Вышемирский, А.В. Шипилов, В.И. Беспалов, Д.Г. Будревич // Наука и техника в газовой промышленности. – 2006. – № 2. – С. 27 – 34.
4. Иванов, А.Ю. Обеспечение комплекса механических свойств зоны термического влияния сварных соединений труб классов прочности X80, X90 на основе исследования фазовых превращений и структуры: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург: «Прометей». – 2011.
5. 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.
6. 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.
7. ГОСТ 2601-84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – С. 57.

8. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. Ред. В.В. Клюева. Т.1: В 2 кн.: Кн. 1: Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2: Радиационный контроль. – М.: Машиностроение, 2003. – С. 560.

9. СТО Газпром 2-2.4-083-2006 Инструкция по неразрушающим методам контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте промысловых и магистральных газопроводов: Утв. ОАО «Газпром» 30.10.06., Москва, 2007. – С. 108.

10. Стеклов, О.И. Анализ рисков магистральных газопроводов России по данным мониторинга результатов внутритрубной диагностики /О.И. Стеклов, Д.П. Варламов // Сварочное производство. – 2013. - № 9.

11. Березин В.Л., Суворов А.Ф. Сварка трубопроводов и конструкций: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1983.

12. Васильев Г.Г., Иванец В.К., Клышников И.Н. и др. Сварочно-монтажные работы в нефтегазовом строительстве. — М.: ВНИИОЭНГ, 1994.

13. Сварочно-монтажные работы при строительстве трубопроводов. Справочник / Шмелева И.А., Тарлинский В.Д., Шейнкин М.З. и др. — М.: Недра, 1990.

14. Волченко В.Н. «Контроль качества сварных конструкций». — М.: Машиностроение, 1986.

15. Алешин Н.П., Щербинский В.Г. «Контроль качества сварочных работ». — М.: Высшая школа, 1986.

16. Глудкин, О.П. Всеобщее управление качеством: Учебник для вузов / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с.

17. Аристов О.Л. Управление качеством: Учебник. М.: ИНФРА-М, 2006. - 326 с.

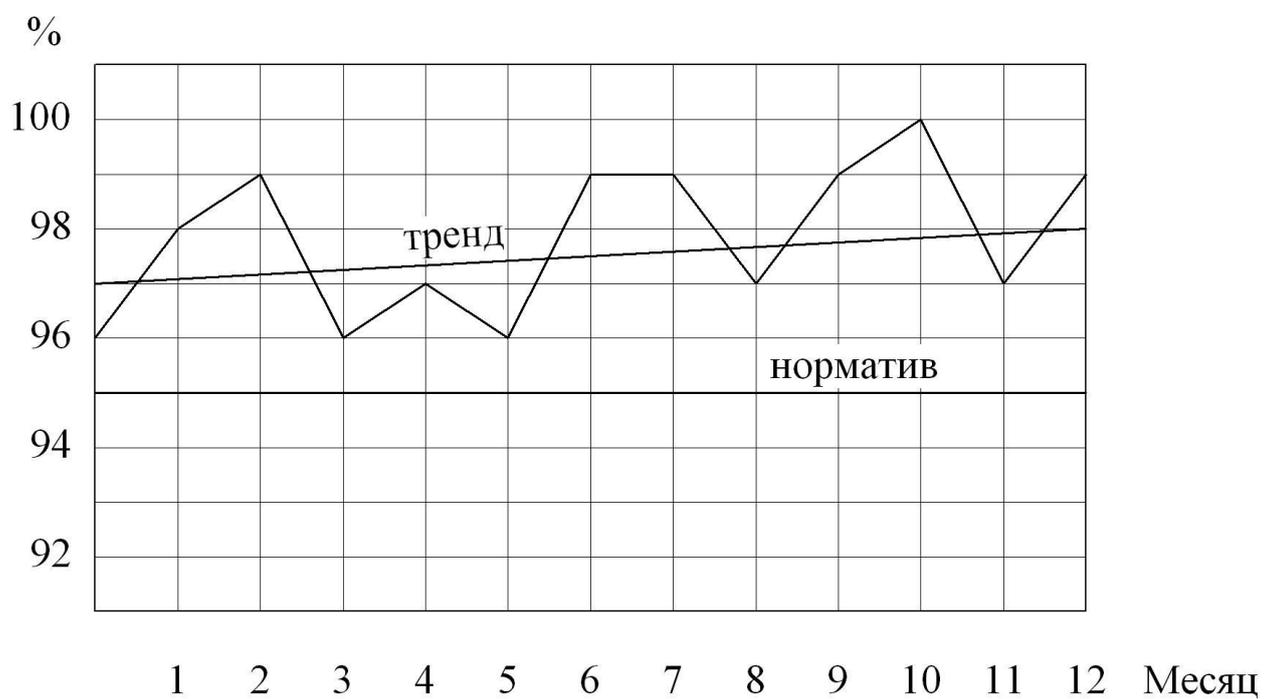
18. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении / Е.Я. Юдин. – М.: Машиностроение, 1983 – 432 с.

19. Патент № 2047174. Устройство для автоматизированного ультразвукового контроля сварных кольцевых швов

График сварки стыков трубопровода _____ 20__ г.

Номер изделия	План			Факт			Откл.			План			Факт			Откл.		
	План	Факт	Откл.	План	Факт	Откл.	План	Факт	Откл.	План	Факт	Откл.	План	Факт	Откл.	План	Факт	Откл.
1																		
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21																		
22																		
23																		
24																		
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30																		
31																		

Пример графика «Выполнение плана сварки стыков трубопровода»



**Карта простоя № _____ от _____
Участок сварки стыков трубопровода**

КАРТА ПРОСТОЯ № _____ от _____				
Объект простоя				
Участок		Рабочее место		
Причина простоя				
Код	Наименование	Содержание		
Время простоя				
Начало простоя (час, мин.)				
Конец простоя (час, мин.)				
Время простоя (час, мин.)				
Общее время простоя (число и прописью)				

Бригадир _____

Начальник участка _____

Подразделение

ВИНОВНИК ПРОСТОЯ _____

Перечень причин простоя

Код	Наименование	Содержание
100	Отсутствие заготовок, материалов, комплектующих изделий, тары	№ чертежа, наименование, размер
200	Отсутствие энергоносителей	Наименование вида энергии
300	Отсутствие оснастки, приспособлений	Наименование оснастки
400	Неисправность оснастки	Наименование оснастки
600	Простой излишних рабочих	
700	Отсутствие или неисправность инструмента	Наименование, шифр
800	Отсутствие погрузо-разгрузочных транспортных средств	Наименование средств
900	Простой по вине рабочего	

Пример графика «Уровень дефектности при сварке стыков трубопровода»

