

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

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

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

15.03.01 «Машиностроение»
(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»
(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс ремонта магистрального
нефтепровода диаметром 1220 мм

Студент

С.В. Шеломанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент О.В. Шашкин

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

Эксплуатация магистральных нефтепроводов происходит в условиях их естественного старения. Это процесс приводит к возникновению аварийных ситуаций и остановке перекачки нефти. Кроме того, каждый год повышаются требования к экологической безопасности трубопроводного транспорта. В связи с этим вопрос поддержания в рабочем состоянии магистральных нефтепроводов актуален на сегодняшний момент.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности выполнения сварочных работ при ремонте магистрального нефтепровода.

При выполнении бакалаврской работы решены следующие задачи:

- обосновать замену ручной дуговой сварки на более производительный и обеспечивающий большую стабильность качества;
- повысить эффективность предложенного способа сварки применительно к рассматриваемому случаю ремонтной сварки;
- назначить параметры режима и сварочные материалы;
- составить карту технологического процесса ремонтной сварки магистрального нефтепровода.

Анализ возможных способов сварки позволил обосновать выбор автоматической сварки под флюсом как основного способа при построении проектной технологии сварки. Была составлена проектная технология сварки корпуса автоклава, назначены параметры режима сварки и применяемое оборудование.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,95 млн. рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,1 года.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние ремонтной сварки магистральных нефтепроводов.	7
1.1 Описание нефтепровода	7
1.2 Сведения о материале нефтепровода.	9
1.3 Сведения по дефектам магистрального нефтепровода.	13
1.4 Базовая технология ремонтной заварки дефектов.	16
1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы	21
2 Проектная технология ремонтной сварки магистрального нефтепровода	23
2.1 Обоснование выбора способа сварки	23
2.2 Повышение эффективности сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения.	28
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса	36
3.1 Технологическая характеристика объекта	36
3.2 Идентификация профессиональных рисков	37
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	39
3.4 Обеспечение пожарной безопасности	41
3.5 Обеспечение экологической безопасности	43
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.	46
4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений	46
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования	48
4.3 Расчет штучного времени	49
4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии	51

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии.	55
4.6 Показатели экономической эффективности.	58
Заключение	61
Список используемой литературы и используемых источников	62

Введение

Эксплуатация магистральных нефтепроводов происходит в условиях их естественного старения. Это процесс приводит к возникновению аварийных ситуаций и остановке перекачки нефти. Кроме того, каждый год повышаются требования к экологической безопасности трубопроводного транспорта. В связи с этим вопрос поддержания в рабочем состоянии магистральных нефтепроводов актуален на сегодняшний момент. Современные экономические условия характеризуются увеличением транспортных тарифов и недостатком средств на поддержание необходимого уровня функционирования транспортной трубопроводной системы. В связи с этим происходит урезание средств, отводимых на капитальный ремонт трубопроводов и их реконструкцию, а необходимость выполнения этих самых ремонта и реконструкции каждый год увеличивается.

В настоящее время трубопроводная система Российской Федерации требует ежегодного ремонта 2,5...7 тысяч км трубопроводов. Получаемая тарифная выручка позволяет профинансировать ремонт 1,5...2,5 тысяч км в год. Остаток финансирования необходимо вносить за счёт бюджета Российской Федерации [9]. В связи с этим требуется повышение эффективности ремонтных технологий магистральных нефтепроводов, которое позволит не только сохранить средства Федерального бюджета, но и увеличить производительность выполнения ремонтных работ.

Перерывы в поставках углеводородного сырья происходят в результате нештатных ситуаций – отказов узлов и агрегатов нефтеперекачивающих станций, аварий на линейной части трубопровода. Статистика по авариям на магистральных трубопроводах показывает, что порядка 85 % общего простоя происходит по причине аварий именно на линейной части трубопровода [10].

Расположение основных запасов российской нефти – районы Крайнего Севера и Западной Сибири, что делает необходимым применение протяжённых нефтепроводов. В настоящее время по территории России

проходит 48,6 тыс. км нефтепроводов и 19,3 тыс. км нефтепродуктопроводов [4]. При этом основной причиной аварий на трубопроводах можно считать развитие коррозионных дефектов на её линейной части. Поскольку большая часть трубопроводов построена 15 и более лет назад, произошло разрушение из изоляционного покрытия, что вызывает ускорение коррозионных процессов в теле трубы. В период с 1991 года по 1996 год аварии по причине коррозионного растрескивания составляли 25 % от общего числа аварий на трубопроводе. В период с 1998 года по 2003 год доля таких аварий увеличилась до 30 %. Начиная с 2008 года доля аварий по причине коррозионного растрескивания неизменно повышается и сейчас составляет 50 % от общего числа аварий [4].

Можно выделить большое число причин коррозионного износа труб. В настоящее время из-за глобального потепления на первый план выходит появление термокартов – таяния вечной мерзлоты. В результате часть трубопровода оказывается вместо стабильной и относительно инертной мерзлоты в условиях заболоченности. Просадка трубопровода нарушают защитное его покрытие и интенсифицируют коррозионные процессы.

Поскольку глобальное потепление усиливается, то на участке прохождения нефтепровода будет образовываться всё больше термокарстов, а процессы коррозионного разрушения трубопровода – ускоряться.

В связи с этим необходим поиск высокопроизводительных технологий диагностики магистральных нефтепроводов и их ремонта [8], [17].

Основной операцией при ремонтной сварке трубопроводов является сварка, которая используется для заварки коррозионных дефектов, приварки ремонтных конструкций (муфт) и замене участков трубопровода. Основная часть выполняемых при ремонте работ проводится с применением ручной дуговой сварки штучными электродами.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности выполнения сварочных работ при ремонте магистрального нефтепровода.

1 Современное состояние ремонтной сварки магистральных нефтепроводов

1.1 Описание нефтепровода

Нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) является амбициозным проектом, предусматривающим прокладку значительной части труб через вечную мерзлоту, как показано на рисунке 1. Основной диаметр применяемых труб на линейной части составляет 1067...1220 мм, толщина стенки – 18...27 мм, класс прочности К56...К70 [3].



Рисунок 1 – Прохождение магистрального нефтепровода ВСТО через зоны вечной мерзлоты Российской Федерации

На коррозионную стойкость нефтепровода оказывает существенное влияние целостность его защитного покрытия, которое нарушается вследствие просадок при образовании термокарстов, представленных на рисунке 2, которые являются локальным таянием вечной мерзлоты и образованием болотистого участка.



Рисунок 2 – Аэрокосмический снимок участка нефтепровода, проходящего через термокарст

Несмотря на то, что статистика по авариям показывает неуклонное снижение травматизма и смертельных случаев при авариях на магистральных трубопроводах, что демонстрируется диаграммами на рисунке 3 и рисунке 4, в общем случае число аварий и травм продолжает находиться на недопустимом уровне [11]. Старение магистрального трубопровода ВСТО и увеличение количества термокарстов из-за глобального потепления в ближайшем будущем приведут к ухудшению положения с аварийностью и приведут к увеличению аварий со смертельными исходами.

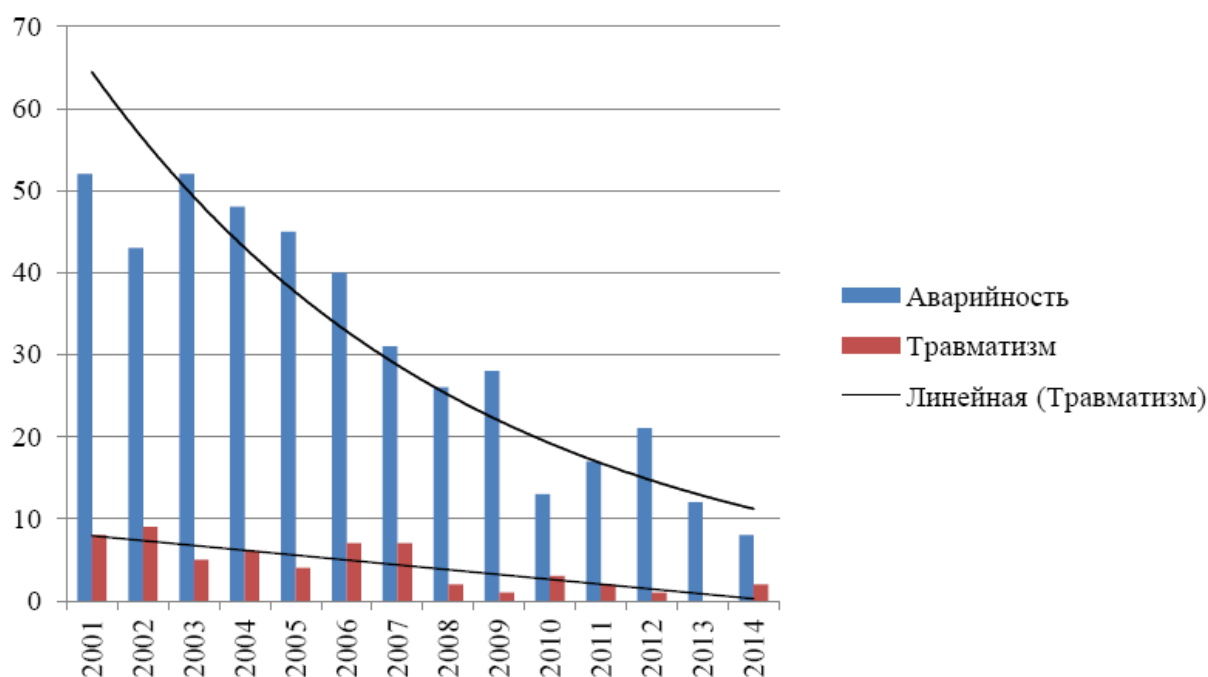


Рисунок 3 – Аварийность и травматизм на магистральных трубопроводах



Рисунок 4 – Прогнозирование аварий на магистральных трубопроводах РФ

Также на коррозионную стойкость нефтепровода негативное воздействие оказывает соседство с линиями электропередачи и железными дорогами. В результате действия блуждающих токов наблюдается многократное усиление коррозионных процессов вследствие уноса с его поверхности частиц металла под действием электрического тока.

1.2 Сведения о материале нефтепровода

Рассматриваемый участок магистрального нефтепровода изготовлен из стали класса прочности К60 – 10Г2ФБ. Сталь 10Г2ФЮ представляет собой ферритно-перлитную смесь, которая имеет выраженную полосчатость вдоль прокатки, как показано на рисунке 5.

Содержание химических элементов в стали 10Г2ФБ представлено в таблице 1.

Современные низколегированные стали для производства магистральных трубопроводов имеют следующие особенности по сравнению

с ранее применяемыми сталями. В качестве первой особенности следует выделить уменьшение перлитной составляющей. Второй особенностью является уменьшение размеров зерна, что одновременно приводит к упрочнению стали и смещает область хрупкого разрушения в сторону низких температур. Третьей особенностью является использование эффекта упрочнения за счёт карбонитридообразующих элементов, при небольшом содержании таких легирующих элементов, как медь, никель и хром [16].

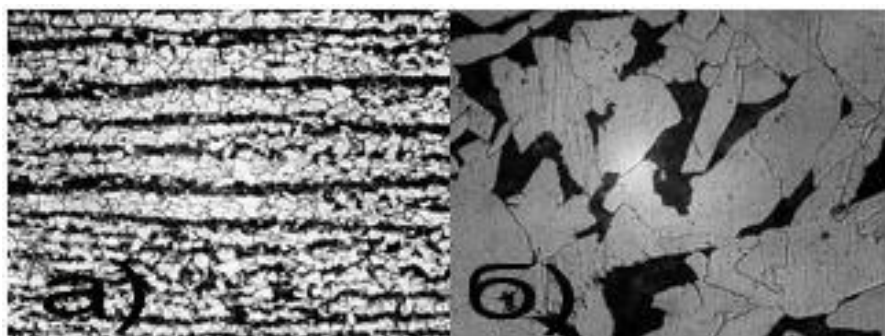


Рисунок 5 – Исходная структура стали 10Г2ФБ катанной (а) и литой (б)

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 10Г2ФБ [5]

С	Mn	Si	S	P	Ti	Al	V	Nb	N ₂
0,10	1,58	0,38	0,005	0,015	0,019	0,034	0,076	0,048	0,008

Сталь 10Г2ФБ выгодно отличается от других трубных сталей по прочностным характеристикам. Из рассматриваемых сталей сталь марки 10Г2ФБ имеет самый высокий предел текучести, что иллюстрируется диаграммой на рисунке 6.

При высоких показателях прочности сталь 10Г2ФБ обладает высокой пластичностью, что иллюстрируется диаграммой на рисунке 7, которая объясняется наличием в её структуре мелкозернистого феррита, образование которого происходит при прокатке. Повышенная пластичность стали 10Г2ФБ является её преимуществом по сравнению с другими рассматриваемыми сталями.

При строительстве металлических конструкций эффективность применения той или иной стали определяется технологичностью соединения.

При строительстве и ремонте трубопроводов основным технологическим процессом является сварка. Как видно из диаграммы содержания углерода, представленной на рисунке 8, сталь 10Г2ФБ обладает углеродным эквивалентом, существенно ниже, чем у большинства рассматриваемых сталей.

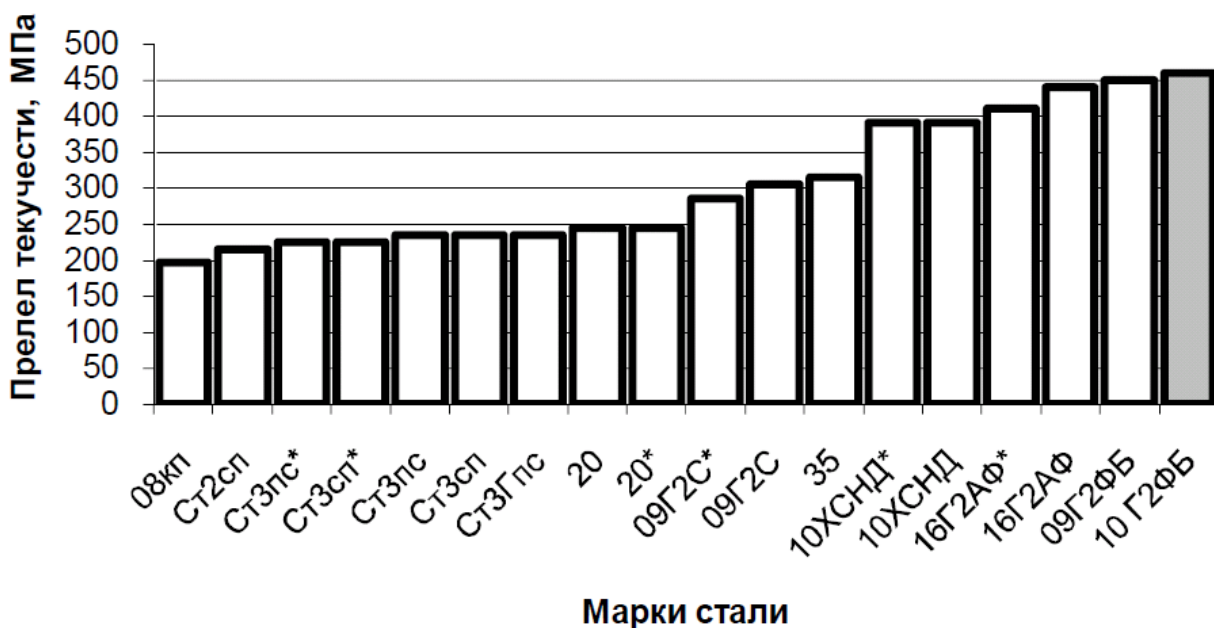


Рисунок 6 – Гистограмма распределения прочностных характеристик анализируемых марок сталей в порядке возрастания

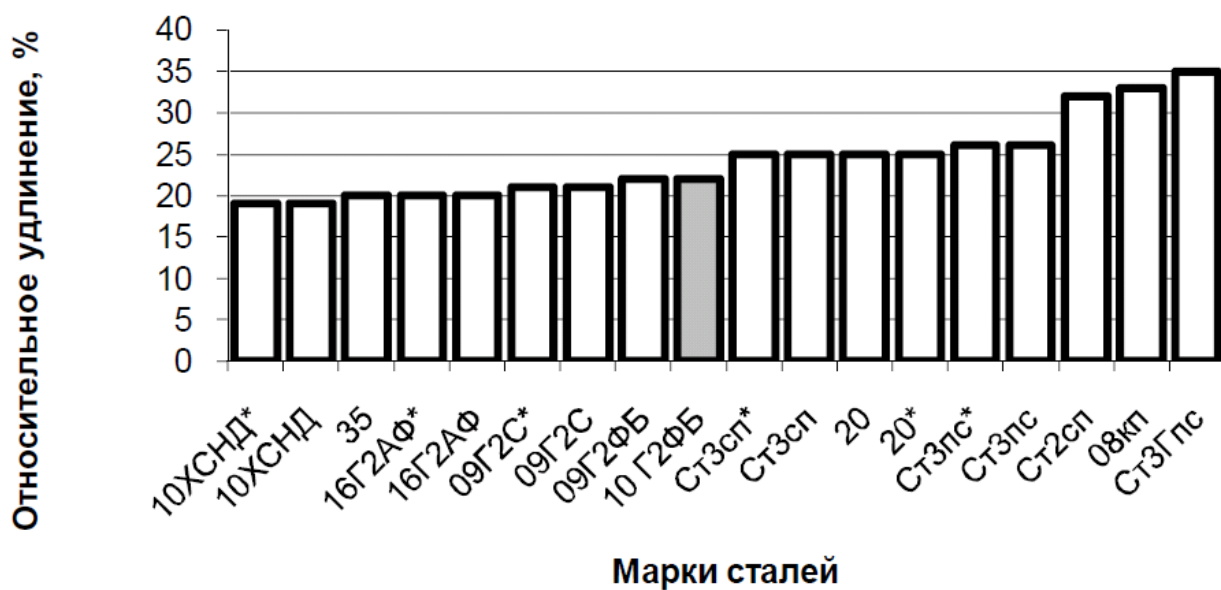


Рисунок 7 – Гистограмма распределения относительного удлинения (δ_5), анализируемых марок сталей в порядке возрастания

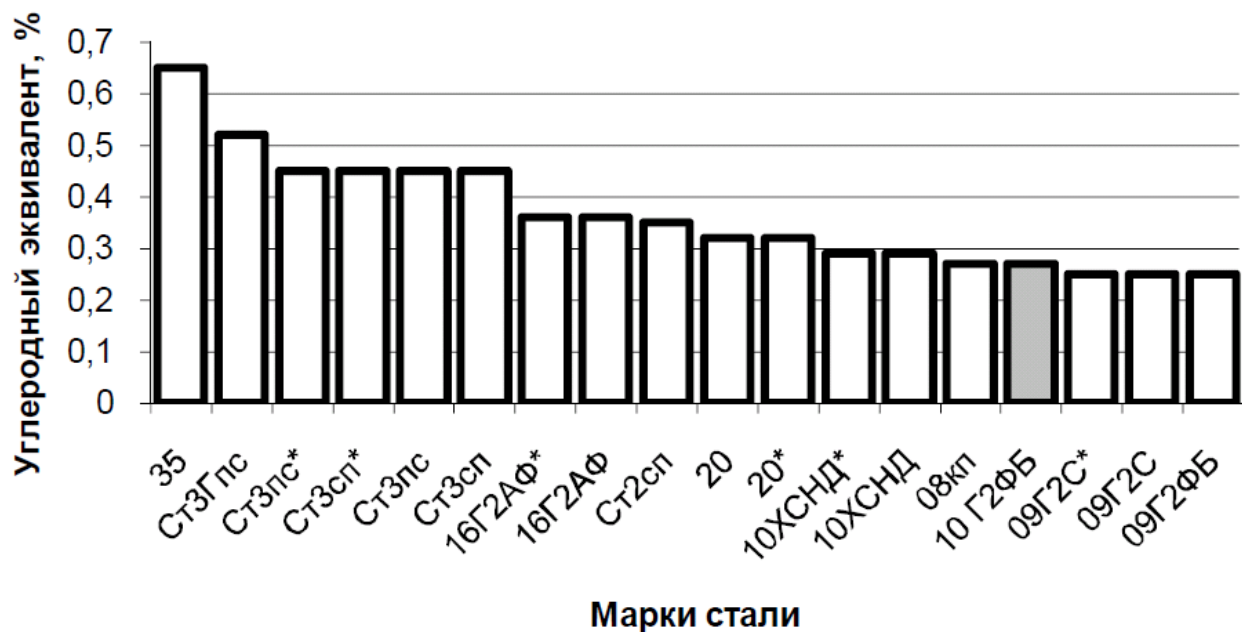


Рисунок 8 – Гистограмма распределения углеродных эквивалентов исследуемых марок стали в порядке убывания

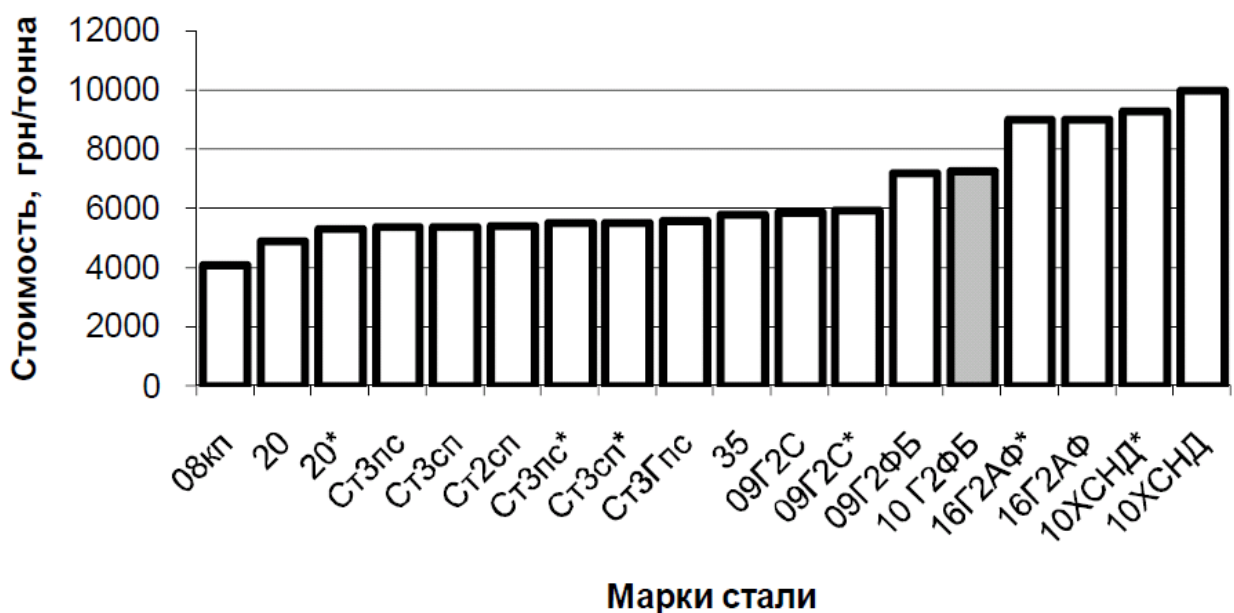


Рисунок 9 – Стоимость исследуемых марок стали в порядке возрастания

Также на применение стали в металлических конструкциях оказывает её стоимость, которая для стали 10Г2ФБ может оказаться выше, чем у большинства рассматриваемых сталей, что демонстрируется диаграммой на рисунке 9, но существенно ниже, чем у сталей аналогичного класса прочности.

1.3 Сведения по дефектам магистрального нефтепровода

В соответствии с действующей нормативной документацией (РД 23.040.00-КТН-090-07 «Классификация дефектов и методы ремонта дефектов и дефектных секций действующих магистральных нефтепроводов») различают несколько типов дефектов магистральных нефтепроводов, представленные на рисунке 10.

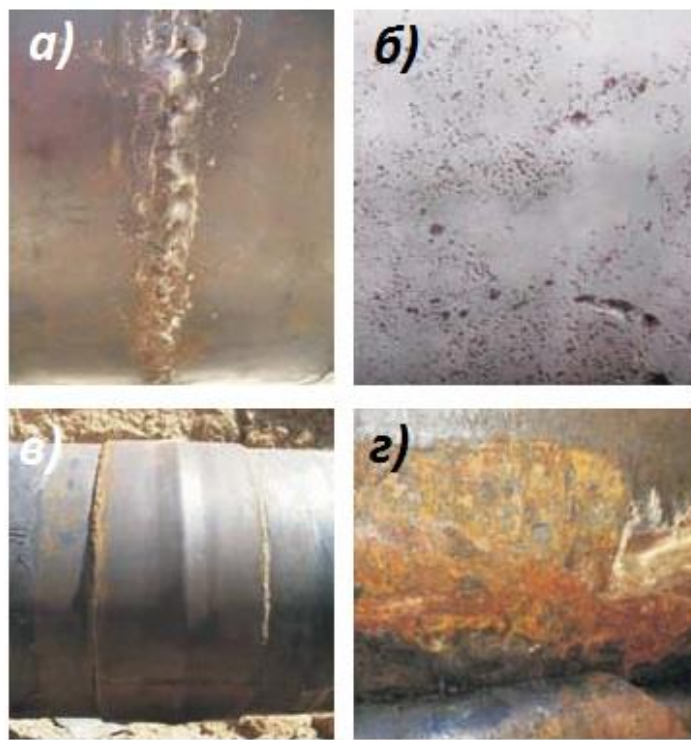


Рисунок 10 – Различные типы дефектов магистрального нефтепровода: сварные соединения с нарушениями (а); коррозионные дефекты (б); применение недопустимых ремонтных конструкций (в); потеря металла общей и язвенной коррозии (з)

К первому типу относят дефекты геометрии труб, связанные с изменением формы трубы: сужение, вмятину, гофр. Ко второму типу относят дефекты стенки трубы: трещины, уменьшение толщины стенки вследствие коррозии, расслоения (в том числе и с выходом на поверхность). К третьему типу следует отнести дефекты сварного шва: поры, шлаковые включения, трещины, непровары, утяжки, подрезы, несплавления, смещение кромок, косой стык. К четвёртому типу дефектов труб относят недопустимые

соединения деталей: применение деталей заводского исполнения, заплат, ремонтных конструкций с выработанным сроком службы.

Самым распространенным видом дефекта является коррозионное поражение труб, что демонстрируется диаграммой на рисунке 11.

Причинами появления дефектов по результатам расследования аварийных ситуаций на трубопроводах согласно диаграмме на рисунке 12 являются: заводской брак трубы – 32 %; коррозия трубопровода – 22 %, механические повреждения – 18 %, брак строительно-монтажных работ – 7 %.



Рисунок 11 – Распространённость различных видов дефектов на магистральных нефтепроводах

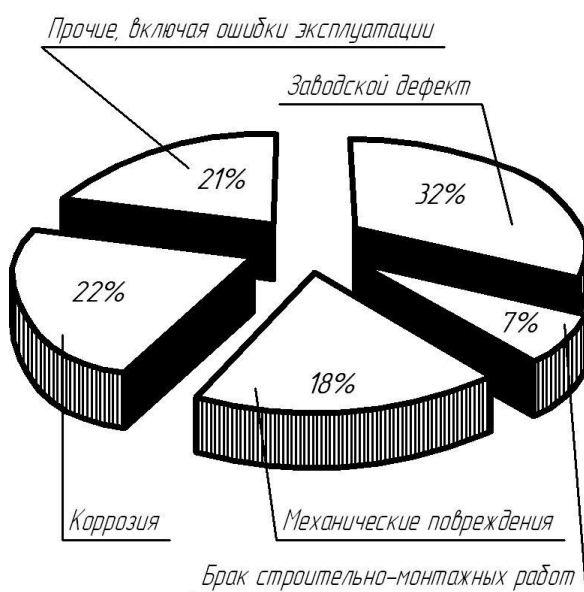


Рисунок 12 – Распределение аварий на нефтепроводном транспорте

На основании анализа «статистики по авариям на магистральных нефтепроводах выделено восемь групп факторов, которые оказывают влияние на возникновение аварийной ситуации: конструктивно-технологические факторы – 30 %, дефекты труб и сварных швов – 20 %; качество выполнения строительно-монтажных работ – 10 %; качество планирования и сопровождения работ – 10 %; коррозия – 10 %; внешние антропогенные воздействия – 10 %; природные явления – 5 %; эксплуатационные факторы – 5 %» [4], что демонстрируется диаграммой на рисунке 13.

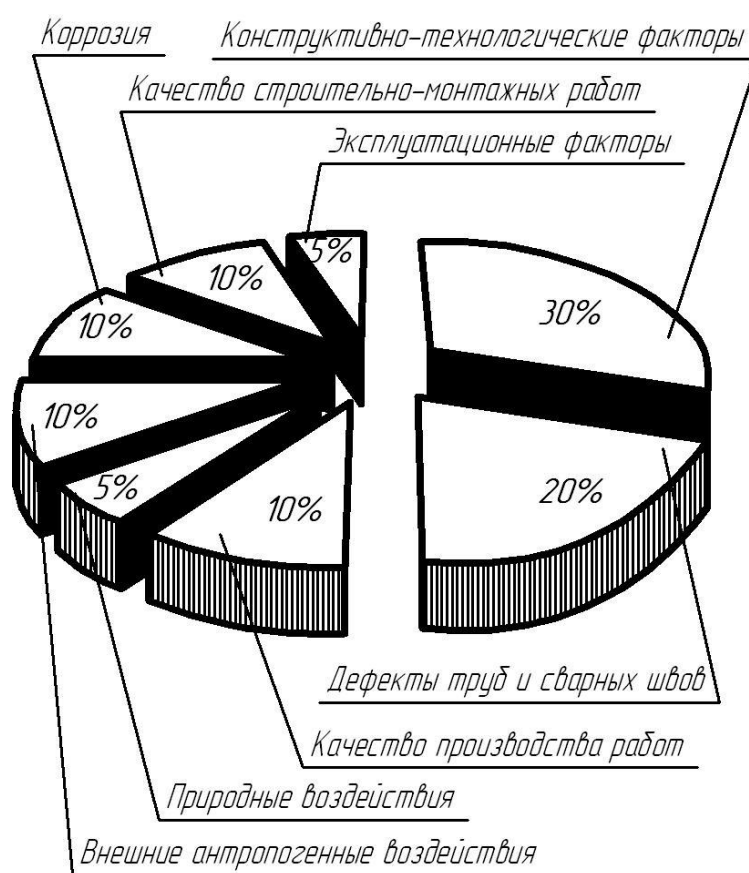


Рисунок 13 – Группы факторов аварийности магистральных нефтепроводов

При ремонте линейной части трубопровода применяются: шлифовка, заварка, установка ремонтной конструкции и вырезка с заменой дефектного участка. Применительно к дефекту типа «потеря металла» с остаточной толщиной стенки до 5 мм применяется ремонтная заварка

1.4 Базовая технология ремонтной заварки дефектов

Для выполнения ремонтной сварки применяют электроды с основным видом покрытия типа Э50А или Э60.

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

Перед применением электродов следует проверить сохранность их упаковки. Также следует выполнить проверку внешнего вида покрытия электродов. Наплавочный слой выполняют электродами диаметром 2,5 или 3 мм. Облицовочный слой шва выполняют электродами диаметром 3 мм.

Для питания сварочной дуги применяют выпрямитель ВД-306, представленный на рисунке 14.



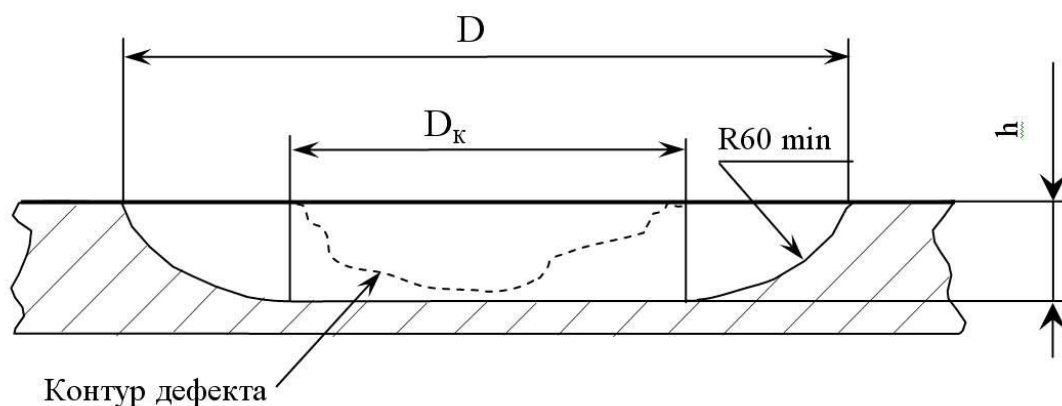
Рисунок 14 – Сварочный выпрямитель ВД-306Ш

Первая операция – зачистка дефектного участка. При выполнении этой операции определяют положение исправляемого дефекта на трубе.

Далее при помощи ветоши очищают повреждённое место, удаляя снег, пыль и другие загрязнения. С ремонтируемого участка удаляют рваные остатки полимерной ленты.

После очистки от грязи при помощи шлифовальной машинки срезают острые выступы, заусенцы и задиры, края поврежденного участка по всему периметру закругляют. «Выборка металла должна иметь овальную форму и гладкое дно. Радиус перехода должен быть не менее 60 мм. Форма выборки показана на рисунке 15.

При зачистке дефектного места следует удалить продукты коррозии и слой металла на толщину не менее 1 мм» [9]. Разметку границ выборки выполняют с применением гибких шаблонов овальной формы.



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

Рисунок 15 – Форма выборки под заварку коррозионных и механических повреждений на поверхности труб

После выборки дефектного места необходимо выполнить ультразвуковой контроль для выявления остаточной толщины стенки трубы, которая должна быть не менее 5 мм. Также при помощи капиллярного или ультразвукового метода следует выявить наличие недопустимых наружных и внутренних дефектов (трещины, расслоения).

Контроль остаточной толщины стенки трубы выполняется с использованием ультразвукового толщиномера А-1208, представленного на рисунке 16. Выборку дефектного места выполняют при помощи радиальной шлифовальной машинки ИП-2014, представленной на рисунке 17.



Рисунок 16 – Ультразвуковой толщиномер А-1208



Рисунок 17 – Радиальная шлифовальная машина ИП-2014

Вторая операция – предварительный подогрев. Температура предварительного подогрева составляет 100...130 °С. В качестве горючего газа используется пропан-бутановая смесь. Ширина зоны предварительного подогрева составляет 80 мм в каждую сторону от выборки. При помощи контактной термопары ТК-5, устанавливаемой на расстоянии 15 мм от выборки, контролируют температуру предварительного подогрева.

Третья операция – заварка дефекта. Каждый слой шва выполняется стрингерными швами, т.е. путём наложения узких валиков. Заваренное дефектное место включает в себя согласно рисунку 18: первый слой (поз. 1), заполняющие слои (поз. 2), контурный шов (поз. 3), облицовочный слой (поз. 4). Общее количество слоёв, не считая контурного шва, должно быть не менее трёх.

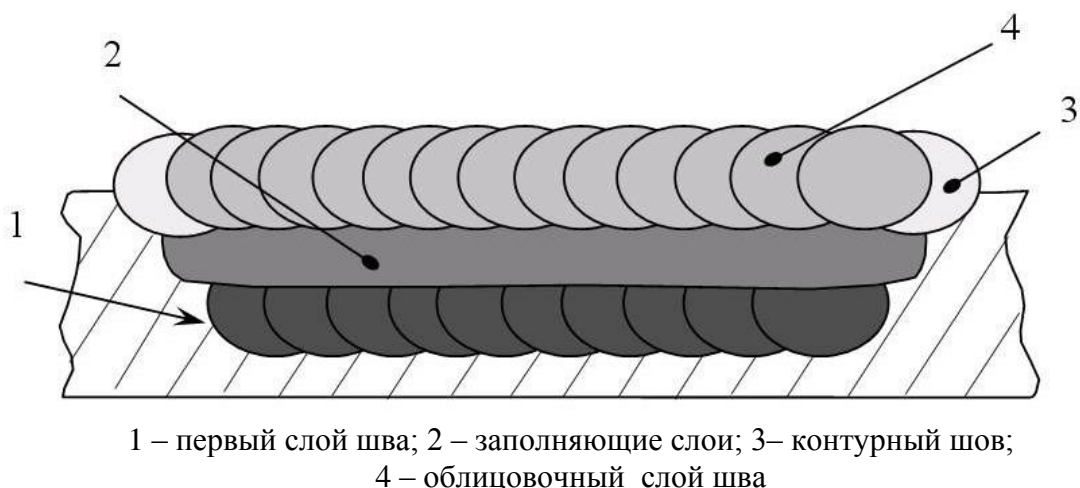


Рисунок 18 – Последовательность заварки выборки по слоям шва при ремонте коррозионных и механических повреждений трубы

При выполнении первого слоя валики накладывают параллельно друг другу в поперечном направлении относительно трубы, как показано на рисунке 19, сварку ведут в направлении «на подъём». Также накладывают валики всех остальных нечётных слоёв шва. При выполнении второго слоя шва валики накладывают параллельно друг другу в направлении потока движения нефти.

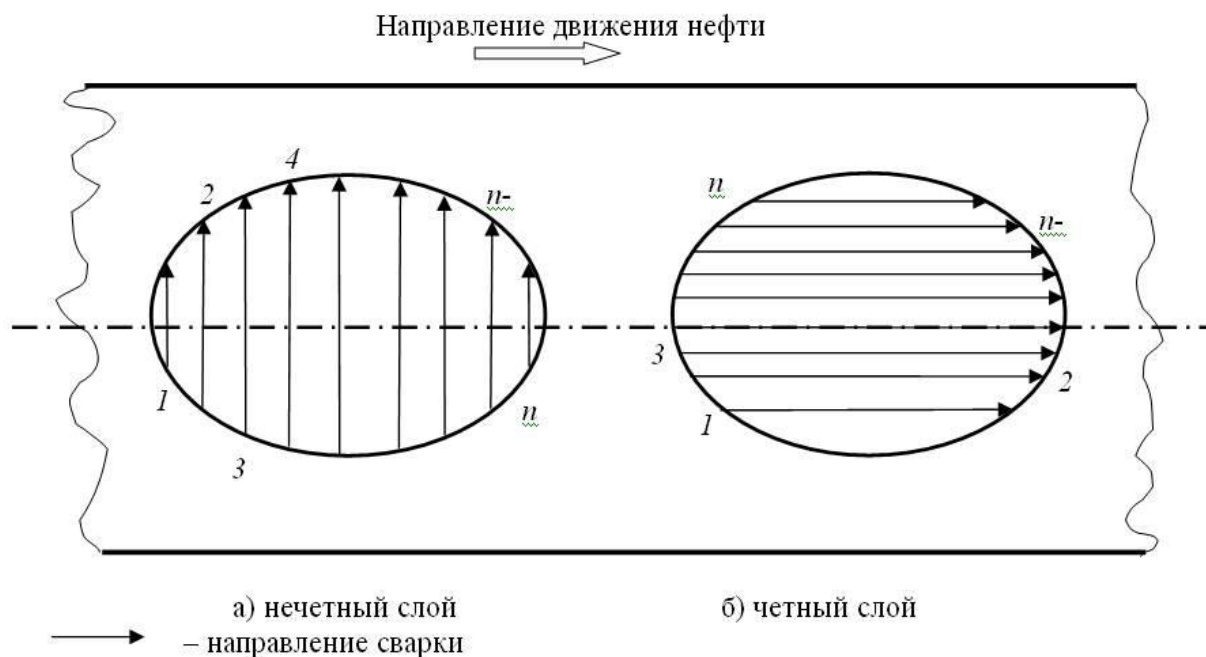


Рисунок 19 – Порядок наложения валиков четных и нечетных слоев шва при заварке выборки на участке коррозионного и механического повреждения поверхности труб

Ширина валиков не более 10 мм, перекрытие валиков не менее 3 мм. Кратер каждого шва необходимо тщательно заплавлять и выводить на шов с последующей зачисткой поверхности.

Сварку выполняют током обратной полярности. Параметры режима первого слоя, заполняющих слоёв, контурного шва и облицовочного слоя приведены в таблице 2. Сварку следует вести короткой дугой с поперечными колебаниями электрода.

«Контурный шов следует выполнять перед облицовочным слоем. При этом выполняют колебания электрода перпендикулярно линии выборки. Контурный шов должен иметь ширину 8...12 мм и плавный переход к основному металлу» [9].

Таблица 2 – Параметры режима заварки выборки

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

Четвёртая операция – механическая обработка заваренной выборки. Выполняется шлифовальным кругом. После механической обработки поверхность выборки должна иметь гладкую форму и высоту усиления 1...1,5 мм, как показано на рисунке 20. После этого выполняют доводку поверхности при помощи напильника или металлической щётки, добиваясь шероховатости поверхности Rz40.

Пятая операция – контроль качества. Предусматривается проведение визуально-измерительного, ультразвукового контроля и контроля проникающими веществами. Визуально-измерительный контроль и контроль проникающими веществами выполняют для выявления поверхностных дефектов (свищей, незаваренных кратеров, несплавлений). Ультразвуковой

контроль служит для выявления внутренних дефектов (непроваров, пор, трещин, расслоений, шлаковых включений, подрезов корня шва).

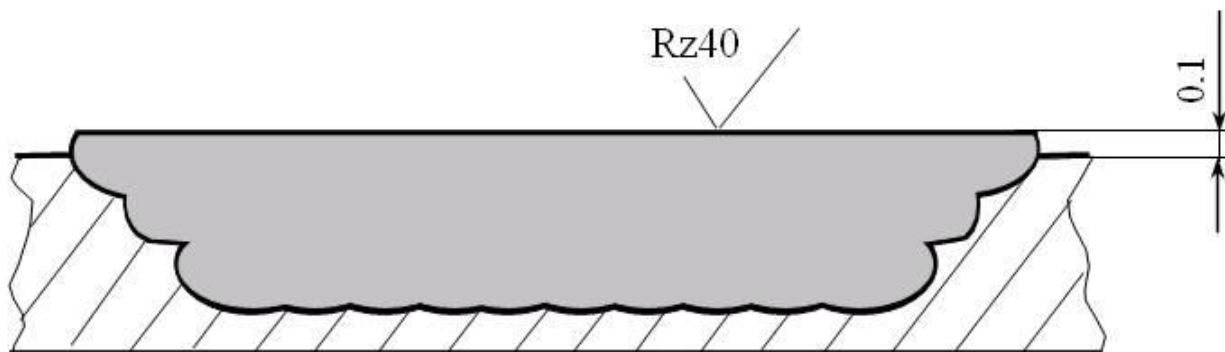


Рисунок 20 – Параметры заварки выборки после механической обработки поверхности сварного шва

Визуально-измерительный контроль следует проводить на участке, превышающем во все стороны границу ремонтируемого участка на 100 мм. Контроль проникающими веществами и ультразвуковой контроль следует проводить на участке, превышающем во все стороны границу ремонтируемого участка на 50 мм.

1.5 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

При ремонтной сварке по базовой технологии предусматривается применение ручной дуговой сварки штучными электродами, которая имеет следующие недостатки:

- малая производительность выполнения ремонтных работ;
- качество заварки дефекта сильно зависит от квалификации сварщика, в результате чего в сварном шве может возникать значительное количество дефектов;
- вредность работ при выполнении ручной дуговой сварки;
- затраты электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки.

Повышение эффективности выполнения сварочных операции при ремонтной сварке магистрального трубопровода возможно, если обеспечить решение следующих задач:

- обосновать замену ручной дуговой сварки на более производительный и обеспечивающий большую стабильность качества;
- повысить эффективность предложенного способа сварки применительно к рассматриваемому случаю ремонтной сварки;
- назначить параметры режима и сварочные материалы;
- составить карту технологического процесса ремонтной сварки магистрального нефтепровода.

Оценочный блок предусматривает обоснование возможности внедрения в производство предлагаемых технических решений и мероприятий. В ходе его выполнения будут решены ещё две задачи:

- оценить предлагаемые решения с точки зрения отрицательного влияния на окружающую среду и рабочий персонал;
- оценить затраты на внедрение предлагаемых технологических решений и потенциальный экономический эффект при принятии в производство проектной технологии сварки рассматриваемой конструкции.

2 Проектная технология ремонтной сварки магистрального нефтепровода

2.1 Обоснование выбора способа сварки

Заварка выборки при ремонте магистрального нефтепровода может выполняться следующими способами:

- ручная дуговая сварка,
- сварка под слоем флюса;
- механизированная сварка в защитном газе проволокой сплошного сечения;
- механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой.

Ручная дуговая сварка, схема выполнения которой представлена на рисунке 21, получила широкое распространение благодаря своим преимуществам: простоте и дешевизне технологического оборудования, составление технологии сварки не требует глубоких профессиональных знаний и метрологического обеспечения. Этот универсальный способ применяется при монтажных работах и выпуске товарной продукции. Пост для ручной дуговой сварки может быть организован с минимальными капитальными затратами. Выпуск новой продукции может быть начат практически сразу.

Ручная электродуговая сварка штучными электродами применяется при выполнении коротких швов длиной до 1000 мм в конструкциях со стыковыми, тавровыми и нахлесточными соединениями. Толщина свариваемого металла может быть 10...50 мм, при этом возможна сварка как без разделки кромок (для малых толщин), так и с разделкой кромок (для больших толщин). Также ручная дуговая сварка штучными электродами применяется при исправлении дефектов сварки, в том числе, и в сварных швах, выполненных другими способами сварки [1], [15].

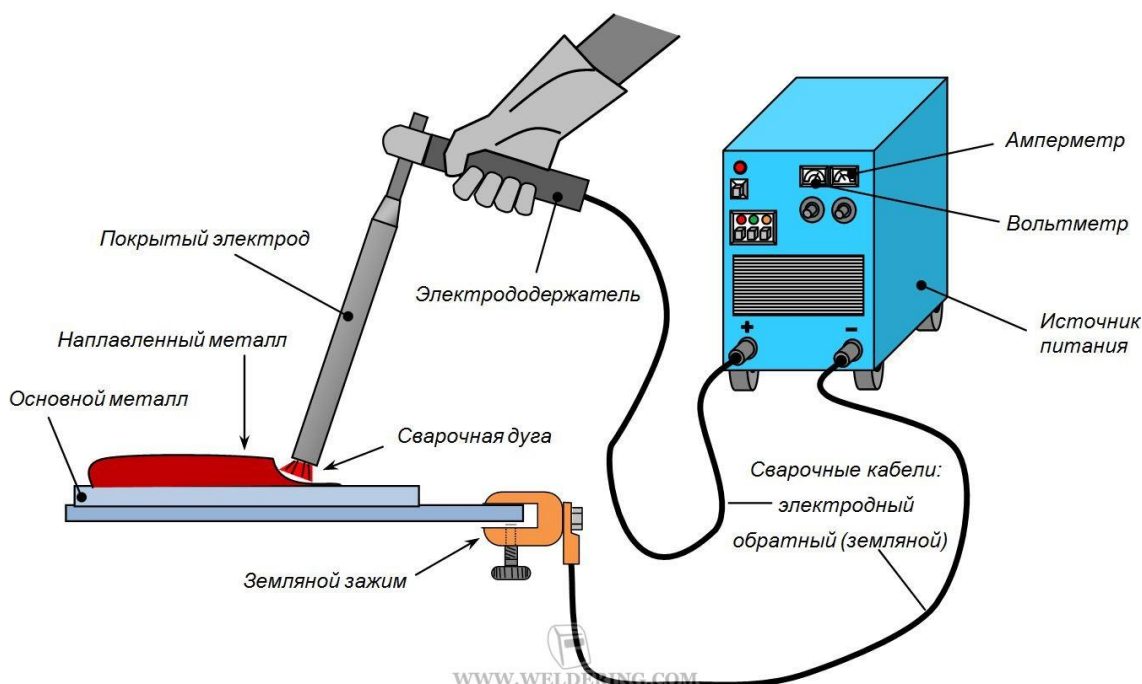


Рисунок 21 – Схема процесса ручной дуговой сварки штучными электродами

Сварка под флюсом, схема выполнения которой представлена на рисунке 22, в основном используется для выполнения стыковых соединений, сварка которых происходит в нижнем положении. Толщина свариваемого металла составляет 10...20 мм для двухсторонней односторонней сварки на флюсовой подушке. Преимуществами сварки под флюсом являются:

- возможность управления составом наплавленного металла через проволоку и флюс;
- хорошее качество сварки при работах на открытом воздухе;
- высокая производительность и малые потери на угар и разбрызгивание.

Недостатками сварки под флюсом являются:

- возможность сыпания флюса с изделия;
- усложняется сварочное оборудование;
- повышенная жидкотекучесть расплавленного металла и флюса (повышается вероятность непроваров и пор);
- высокие требования к сборке под сварку (возможно вытекание расплавленного металла между кромками).

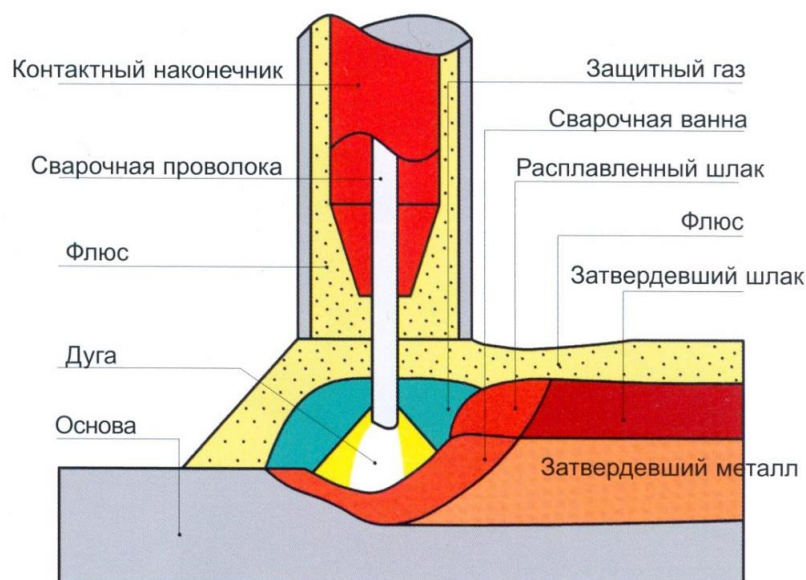


Рисунок 22 – Схема автоматической сварки под флюсом

Механизированная сварка проволокой сплошного сечения в среде защитных газов, схема выполнения которой представлена на рисунке 23, получила широкое распространение при выполнении сварных конструкций. Этот высокопроизводительный способ сварки продолжает совершенствоваться. В числе преимуществ способа следует отметить, во-первых, возможность визуального наблюдения за сваркой, которая ограничена при ручной дуговой сварке. Во-вторых, при сварке в смеси защитных газов практически не образуется шлаковая корка, что существенно повышает производительность из-за отсутствия необходимости промежуточной зачистки слоёв сварного шва. В третьих, следует отметить возможность сварки в различных пространственных положениях, обусловленную низкой текучестью сварного шва по сравнению со сваркой порошковой проволокой.

Несмотря на явные преимущества, сварка в среде защитных газов имеет ряд недостатков. Первым недостатком является интенсивное разбрызгивание при переходе на формированные режимы сварки. Это не только увеличивает расход сварочных материалов, но снижает производительность и ухудшает качество сварки. Вторым недостатком является опасность возникновения трещин из-за пониженной текучести

расплавленного металла. Также следует отметить, что необходимость применения механизма подачи проволоки и газовых баллонов существенно снижает мобильность способа.

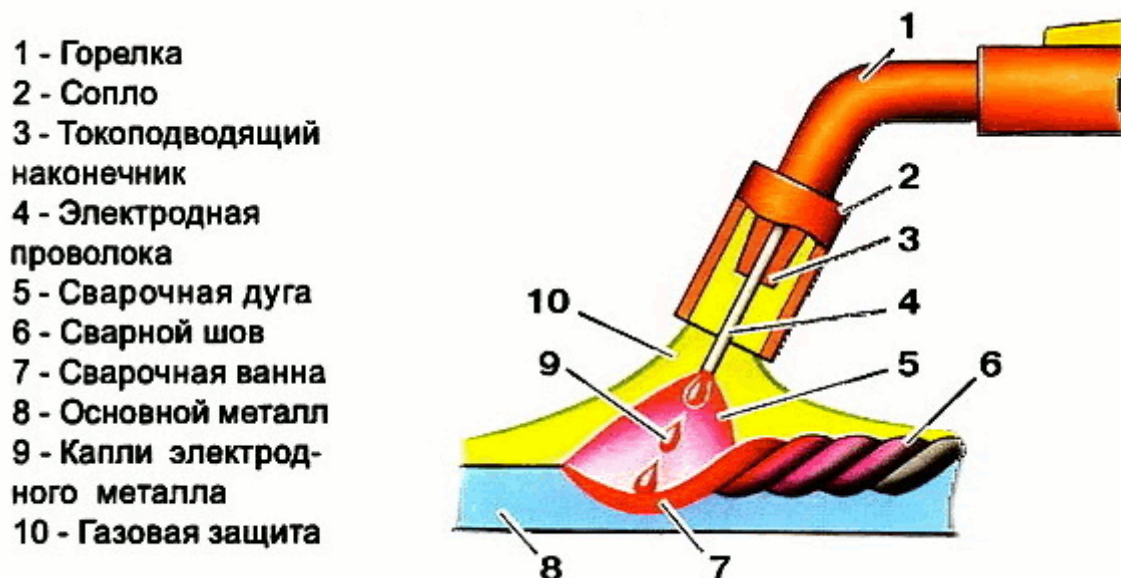


Рисунок 23 – Схема процесса сварки в среде защитных газов плавящимся электродом

Значительные усилия исследователей направлены на повышение эффективности механизированной и автоматической сварки в среде защитных газов посвящено большое количество работ [6], [12], [13], [19]. Показано, что повышение качества и производительности сварки в защитных газах, расширение области её применения возможно при управляемом переносе расплавленного электродного металла в сварочную ванну.

Применение самозащитной порошковой проволоки позволяет отказаться от использования газовой аппаратуры (редукторы, смесители газов, баллоны, осушители, шланги), которые в значительной мере снижают мобильность сварщика [14], [18]. Схема выполнения сварки самозащитной порошковой проволокой приведена на рисунке 24.

Недостатками сварки самозащитной порошковой проволокой являются:

- необходимость удаления шлаковой корки с поверхности шва;
- высокая стоимость порошковой проволоки;

- сильное порообразование и возможность получения дефектов в виде пор и шлаковых включений;
- необходимость борьбы с заломами сварочной проволоки из-за её излишней мягкости;
- неравномерное плавление оболочки и сердцевины сварочной проволоки.

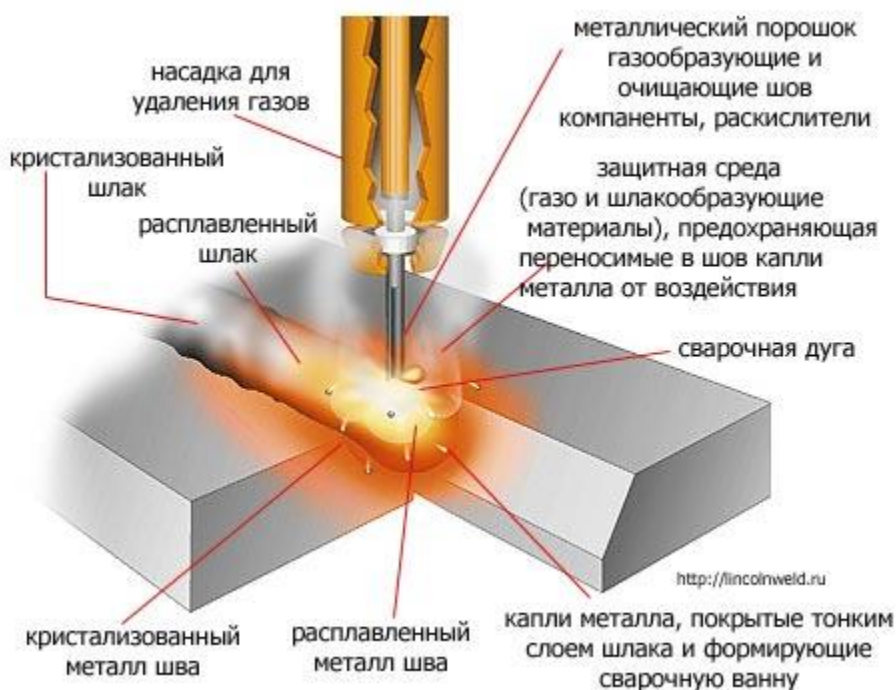


Рисунок 24 – Схема процесса сварки самозащитной порошковой проволокой

На основании анализа преимуществ и недостатков рассмотренных способов сварки выполним их экспертную оценку по критериям, приведённых в таблице 3.

Рассматриваемыми критериями являются:

- мобильность способа,
- качество сварного шва,
- условия труда сварщика,
- стоимость оборудования,
- стоимость сварочных материалов,
- производительность сварочных работ.

Таблица 3 – Обоснование выбора способа сварки

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

На основании анализа возможных способов сварки принято решение заменить ручную дуговую сварку штучными электродами (базовый вариант технологии сварки) на механизированную сварку в смеси защитных газов (проектный вариант технологии).

2.2 Повышение эффективности сварки в защитном газе проволокой сплошного сечения

Характер переноса плавящегося электродного металла в сварочную ванну в значительной мере определяет технологические особенности процесса сварки в защитных газах плавящимся электродом [12]. В процессе горения дуги на торце электродной проволоки формируются капли расплавленного электродного металла. Размер этих капель и частота их перехода в сварочную ванну определяются множеством факторов, что демонстрируется диаграммой на рисунке 25.

В числе этих факторов следует отметить: материал и диаметр применяемой для сварки электродной проволоки, полярность и величина сварочного тока, тип защитного газа, напряжение на дуге.

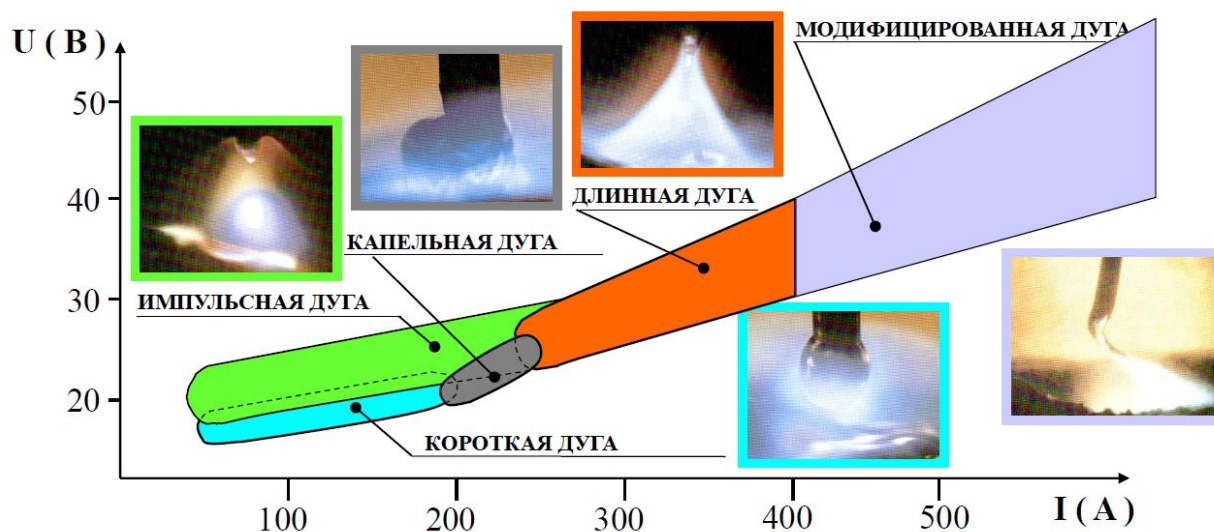


Рисунок 25 - Типы дуги при сварке плавящимся электродом в защитных газах

Особенностями импульсной дуги, диаграмма тока и напряжения которой представлены на рисунке 26, являются:

- следование импульсов тока с заданной частотой, которая зависит от скорости подачи проволоки и обычно составляет 30...330 Гц;
- последовательный переход в сварочную ванну одной капли электродного металла за импульс;
- импульс тока характеризуется минимальным и максимальным значениями, причём, максимальные значения тока соответствуют току при длинной дуге;
- минимальные значения тока (т.н. «нижний ток») обеспечивает поддержание горения дуги, которая выполняет функцию очистки поверхности свариваемых деталей.

Горение дуги с импульсным управлением позволяет [13], [19], [20], [21]:

- успешно подавлять разбрызгивание электродного металла;
- существенно повысить проплавляющую способность дуги;
- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния;

- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров.

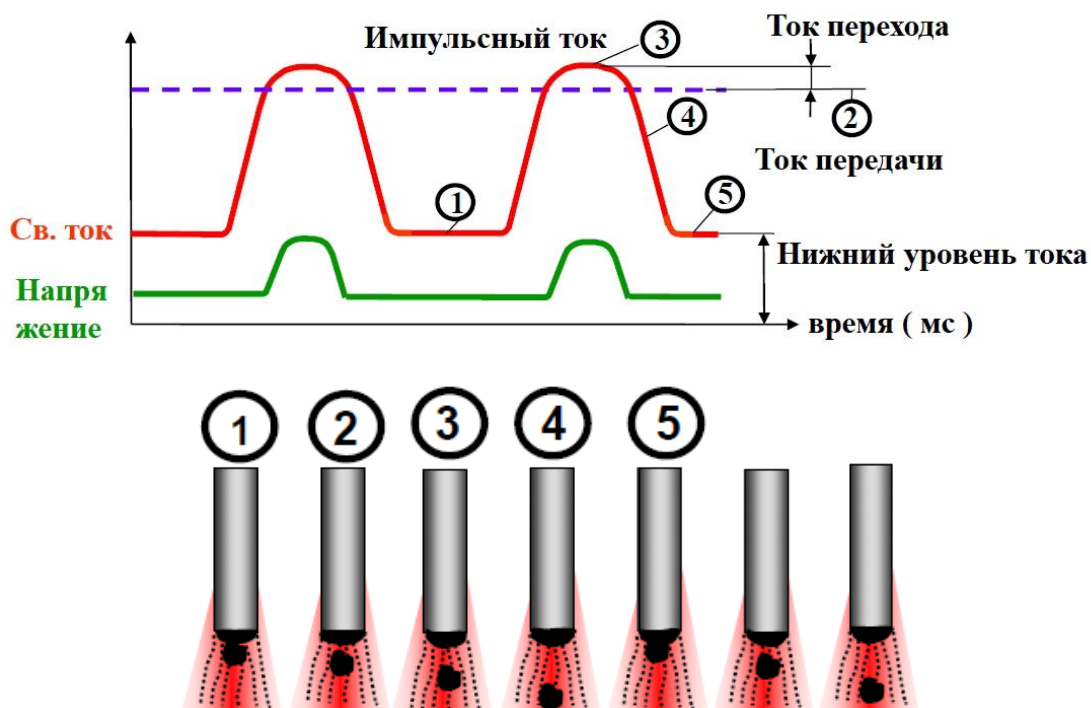


Рисунок 26 – Принцип импульсной сварки

Добавка Ar в защитную смесь «позволяет повысить стабильность горения дуги, улучшить формирование шва (несколько снижается высота усиления, уменьшается бугристость), снизить содержание водорода в металле шва, что способствует повышению стойкости металла шва против образования пор. Наиболее плавный переход от шва к основному металлу наблюдается при содержании аргона в смеси 5-10%. При сварке с использованием смеси $\text{CO}_2 + 10\% \text{Ar}$ повышается жидкотекучесть металла, что снижает привариваемость капель металла к поверхности изделия. Поэтому в качестве защитной среды целесообразнее использовать смесь $\text{CO}_2 + 10\% \text{Ar}$ » [13].

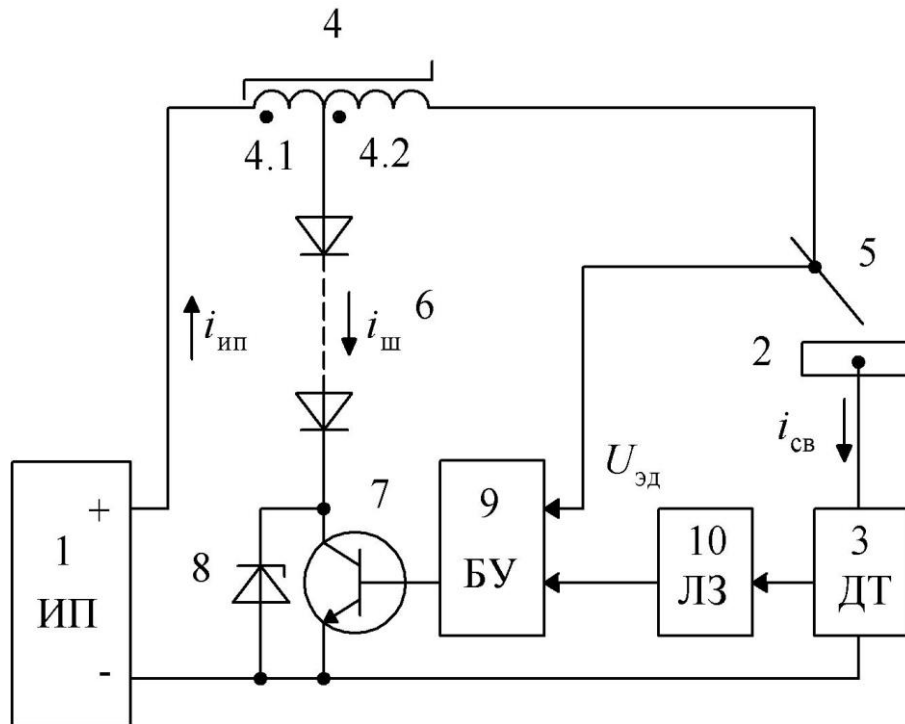
Дальнейшие изыскания будут направлены на разработку источника питания импульсной дуги для механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.

Для выполнения импульсной сварки предложено устройство, обеспечивающее управляемый перенос электродного металла. Это устройство представлено на рисунке 27, в него входит: «источник питания 1 (ИП) постоянного тока; свариваемое изделие 2; датчик тока 3 (ДТ); дроссель 4 с насыщающимся магнитопроводом и секционированной обмоткой (секции 4.1 и 4.2); электрод 5; диоды 6 соединенные последовательно и согласованно; транзистор 7; стабилитрон 8; блок управления 9 (БУ); линия задержки 10 (ЛЗ). При этом крайние выводы обмотки дросселя 4 подключены, соответственно, к клемме «плюс» источника питания 1 (ИП) и к электроду 5, а отвод от нее подключен к аноду первого диода. Катод последнего диода соединен с катодом стабилитрона 8 и с коллектором транзистора 7, эмиттер которого соединен с анодом стабилитрона 8 и клеммой «минус» источника питания 1 (ИП). Между клеммой «минус» источника питания 1 (ИП) и свариваемым изделием 2 включен датчик тока 3 (ДТ), выход которого соединен с входом линии задержки 10 (ЛЗ), а ее выход соединен с одним из входов блока управления 9 (БУ), другой вход которого соединен с электродом 5. Выход блока управления 9 (БУ) соединен с базой транзистора 7» [2].

В качестве «источника питания 1 (ИП) можно использовать сварочные выпрямители общепромышленного назначения: с жесткой внешней вольтамперной характеристикой (например, ВДГ-303) - при механизированной сварке плавящимся электродом. Датчиком тока 3 (ДТ) может служить бесконтактный датчик CSLA1DJ (Honeywell), основанный на эффекте Холла. В качестве блока управления 9 (БУ) можно использовать электронное устройство на базе полупроводниковых компараторов напряжения K554CA3 (LM311) и усилителя мощности IR2110. Линия задержки 10 (ЛЗ) может быть реализована на одновибраторе CD4047» [2].

На осциллограммах процесса сварки с импульсным управлением, представленных на рисунке 28, можно выделить несколько характерных точек: «*t1* – конец паузы, протекает ток дежурной дуги, капля занимает

соосное положение с электродом; t_2 – момент начала включения тока импульса; t_3 – перенос капли электродного металла, этот момент также фиксируется по всплеску напряжения на дуге; t_4 – окончание протекания тока импульса, и завершено расплавление следующей капли, из-за большого давления дуги капля отжимается, и находится на боковой поверхности электрода; t_5 – протекает ток дежурной дуги, и капля занимает соосное положение с электродом» [2].



1 - источник питания (ИП); 2 - свариваемое изделие; 3 - датчик тока (ДТ); 4 - дроссель; 5 - сварочный электрод (проволока); 6 - блок диодов; 7 - транзистор; 8 - стабилитрон; 9 - блок управления (БУ); 10 - линия задержки (ЛЗ)

Рисунок 27 – Устройство для импульсной сварки [2]

Как видно из кинограммы на рисунке 28, «перенос расплавленного электродного металла в период короткого замыкания осуществляется без разбрызгивания, а после его завершения и возбуждения дуги повышается эффективность нагрева свариваемого металла. Это обусловлено специальным алгоритмом распределения тока в сварочной и шунтирующей цепях, который обеспечивается устройством с относительно простым схемным решением» [2].

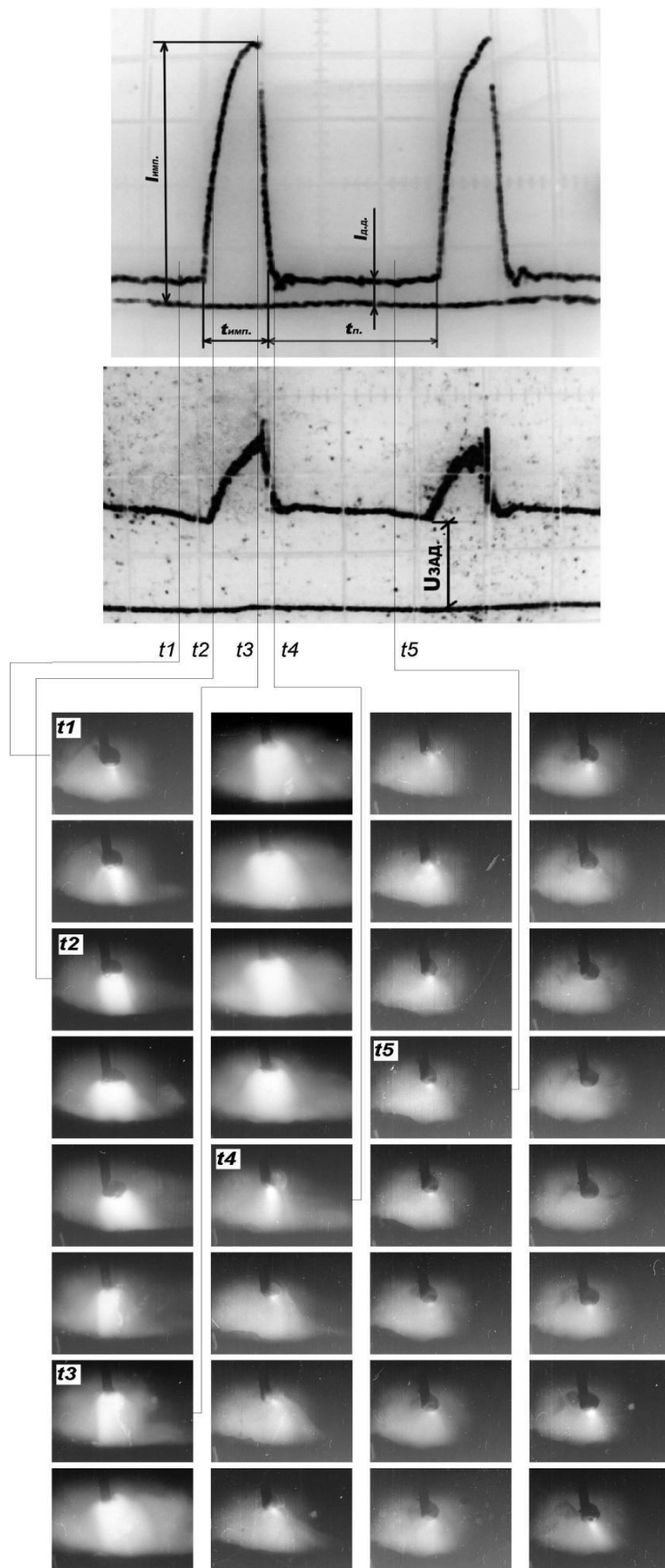


Рисунок 28 – Совмещение осциллограмм сварки с кинокадрами процесса при импульсном управлении дугой [2]

В результате использования предлагаемого устройства для сварки появляется возможность:

- гарантированно формировать обратный валик необходимых размеров;
- уменьшить зону термического влияния;
- существенно снизить вероятность получения подрезов, пор, несплавлений и непроваров;
- подавлять разбрызгивание электродного металла;
- существенно повысить проплавляющую способность дуги.

Выводы по второму разделу

Вы выпускной квалификационной работе поставлена цель – повышение производительности выполнения сварочных работ при ремонте магистрального нефтепровода.

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

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

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа, проведенный с применением экспертной оценки, позволил обосновать выбор способа сварки для построения проектной технологии ремонтной сварки магистрального нефтепровода. Принято решение использовать механизированную сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с

импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [2].

В результате ожидается повышение производительности сварки в два раза, снижение разбрызгивания и повышение качества сварных соединений.

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

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

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

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности сварочных работ при ремонте магистральных нефтепроводов. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям.

Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки в смеси защитных газов проволокой сплошного сечения. Проектный технологический процесс предусматривает выполнение операций, особенности выполнения которых представлены в таблице 4: зачистка дефектного участка, предварительный подогрев, заварка дефекта, механическая обработка, контроль качества.

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

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

Таблица 4 – Технологический паспорт технического объекта

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Должность работника, который выполняет технологическую операцию	Технологическое оборудование, применяемое для выполнения операции	Вспомогательные материалы и вещества, применяемые для выполнения операции
1. Зачистка дефектного участка	слесарь-сборщик	машинка радиальная шлифовальная	круг абразивный
2. Предварительный подогрев	термист	резак газопламенный	смесь пропан-бутановая
3. Заварка дефекта	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- выпрямитель сварочный ВД-306Ш, - машинка радиальная шлифовальная	сварочные электроды
4. Механическая обработка	слесарь-сборщик	машинка радиальная шлифовальная	круг абразивный
5. Контроль качества	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i	масло

На основании анализа данных таблицы 4 может быть выполнена идентификация опасных производственных факторов, которые сопровождают каждую операцию технологического процесса.

3.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков предполагает «поиск и формулировку опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих эксплуатацию технологического оборудования в соответствии с операциями рассматриваемого технологического процесса, что отражено в таблице 5.

Первопричиной всех травм и заболеваний, связанных с процессом труда, является неблагоприятное воздействие на организм занятого трудом человека тех или иных факторов производственной среды и трудового процесса. Это воздействие, приводящее в различных обстоятельствах к различным результирующим последствиям, зависит от наличия в условиях

труда того или иного фактора, его потенциально неблагоприятных для организма человека свойств, возможности его прямого или опосредованного действия на организм» [3].

Таблица 5 – Идентификация профессиональных рисков

Составляющая технологический процесс операция и перечень выполняемых работ	Наименование опасного или вредного фактора, действие которого в условиях производства может составлять угрозу жизни и здоровью персонала	Перечень оборудования и других объектов производства, являющихся источником опасного или вредного фактора
1. Зачистка дефектного участка	<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; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> машинка радиальная шлифовальная
2. Предварительный подогрев	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги 	<ul style="list-style-type: none"> резак газопламенный
3. Заварка дефекта	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение 	<ul style="list-style-type: none"> - выпрямитель сварочный ВД-306Ш, - машинка радиальная шлифовальная
4. Механическая обработка	<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; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> машинка радиальная шлифовальная
5. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - ультразвуковое излучение в рабочей зоне сверх значений безопасных для здоровья; - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования 	<ul style="list-style-type: none"> ультразвуковой дефектоскоп Olympus NDT EPOCH 1000i

Таким образом, выделено восемь негативных производственных факторов:

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

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 6 – Применяемые для уменьшения воздействия негативных производственных факторов средства и методики

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

Продолжение таблицы 6

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

На основании идентифицированных профессиональных рисков, возникающих при реализации проектной технологии, возможен последующий их анализ и выработка решений по их снижению до приемлемого уровня, приведённые в таблице 6.

Таким образом, реализация в производстве проектной технологии, операции которой подробно описаны в настоящей выпускной квалификационной работе, сопровождается опасными и вредными производственными факторами. Источниками этих опасных и вредных производственных факторов является применяемое технологическое оборудование и другие объекты производства. Эти источники были

приведены и проанализированы выше при идентификации опасных и вредных производственных факторов.

На основании анализа профессиональных рисков, возникающих при воздействии описанных производственных факторов предложены стандартные мероприятия и средства защиты, которые позволяют полностью устранить влияние опасного фактора. Приведённые мероприятия и меры защиты позволили также снизить влияние вредных производственных факторов до приемлемого уровня.

Предложенные меры позволили исключить травматизм при реализации проектного технологического процесса и защитить работника от получения профессиональных заболеваний.

Однако осуществление проектной технологии предусматривает не только возникновение опасных и вредных факторов, влияющих на участников производственного процесса. Негативному воздействию подвергается окружающая среда. Таким образом, технологический процесс может представлять угрозу за счёт возникновения неблагоприятных экологических факторов (загрязнение воздуха, гидросферы и литосферы).

Кроме того, нормальное протекание технологического процесса может нарушаться при возникновении пожара, который становится ещё одним фактором отрицательного влияния на окружающую среду и участников производства (работающий персонал, производственные здания и оборудование).

Изучению вопроса экологической и пожарной безопасности посвящена вторая половина настоящего раздела выпускной квалификационной работы.

3.4 Обеспечение пожарной безопасности

Разрабатываемый перечень мероприятий направлен на защиты персонала и имущества предприятия от опасных факторов возможного пожара. Для этого следует выполнить идентификацию опасных факторов

пожара и предложить стандартные средства и методики для их устранения. В соответствии с классификацией пожаров возможный на рассматриваемом техническом объекте пожар может быть отнесён к классу «Е» - горение веществ и материалов под напряжением.

Таблица 7 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сборка и сварка	Стойки, источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, сварочный трактор, дефектоскоп, машинка шлифовальная	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [3]	«Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него» [3].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [3].

Таблица 7 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности

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

Анализ опасных факторов такого пожара, приведённых в таблице 7, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, сведённые в таблицу 8.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, представленных в таблице 9.

Таблица 9 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Участок для сборки и сварки	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [3]	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [3].

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

3.5 Обеспечение экологической безопасности

Реализация предлагаемого технологического процесса помимо опасных и вредных производственных факторов приводит к возникновению опасных и вредных экологических факторов. Следовательно, в рамках выполнения экологического раздела следует выполнить идентификацию согласно таблице 10 этих негативных факторов и предложить меры защиты от этих факторов, сведённые в таблицу 11.

Таблица 10 – Идентификация опасных и вредных экологических факторов при реализации рассматриваемого технологического процесса

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

Таблица 11 – Предлагаемые меры по борьбе с негативными экологическими факторами

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	«Оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов» [3]
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме приспособления или кантователя и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	«Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости» [3].

Таким образом, для «исключения негативного действия на воздушную среду предлагается оснащение вентиляционной системы фильтрами, позволяющими выполнить сбор и утилизацию выделяющихся при горении дуги вредных продуктов. Для исключения негативного действия на водную среду предлагается вести контроль утечек в гидросистеме приспособлений и незамедлительное их устранение. Для снижения негативного воздействия на литосферу предлагается установить ёмкости для селективного сбора отходов и проводить соответствующий инструктаж персонала» [3].

Выводы по экологическому разделу

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

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

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

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

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

4 Оценка экономической эффективности проектной технологии

4.1 Исходная информация для выполнения экономической оценки предлагаемых технических решений

В настоящей выпускной квалификационной работе предложен ряд мероприятий по повышению эффективности сварки при ремонте магистральных трубопроводов. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на механизированной сварки в среде защитного газа проволокой сплошного сечения.

Базовая технология ремонтной сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки штучными электродами. Проектная технология предусматривает механизированную сварку с применением сборочного устройства. Составлена проектная технология ремонтной сварки, которая включает в себя следующие операции: зачистка дефектного участка, предварительный подогрев, заварка дефекта, механическая обработка, контроль качества.

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

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

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, сведённые в таблицу 12.

Таблица 12 – Исходные данные для выполнения расчётов по оценке экономической эффективности проектной технологии по отношению к базовой технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Разряд занятого в выполнении технологических операций персонала	P_p		IV	IV
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	150	150
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
- доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
- отчислений на дополнительную заработную плату	K_d	-	1,88	1,88
- отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
- выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Цоб$	Руб.	80000	250000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	8	10
Принятые значения коэффициентов для расчёта расходов на оборудование :				
- норма амортизации оборудования	$На$	%	21,5	21,5
- коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
- коэффициент затрат на монтаж и демонтаж	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
- стоимость электрической энергии для питания оборудования при выполнении технологических операций	$Цэ-э$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5
- коэффициент полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	20	20
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта расходов на площади:				
- стоимость эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
- цена производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
- норма амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
- коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициентов и показателей для расчёта заводской себестоимости:				
- коэффициент цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
- коэффициент заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
- коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

Представленные в таблице 12 исходные данные для выполнения расчётов по проектной и базовой технологиям позволяют в дальнейшем оценить технологическую себестоимость проектного и базового варианта, капитальные затраты по вариантам технологии и рассчитать показатели экономической эффективности.

4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования

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

времени работы оборудования. Для базового и проектного вариантов технологии фонд времени работы оборудования будет одинаков.

Значения параметров и коэффициентов примем с учётом исходных данных согласно таблице 12: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{см} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{п} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{п} = 1$ час, принятое для рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$. Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

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

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

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

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

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

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

4.3 Расчёт штучного времени

Штучное время, затрачиваемое на выполнение операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам технологии, определяем с учётом нормирования труда и результатов анализа технологических карт. Штучное время $t_{шт}$ является суммой затрат

времени: машинного (выполнение основных операций технологического процесса) времени $t_{\text{маш}}$; вспомогательного (выполнение вспомогательных и подготовительных операций технологического процесса) времени $t_{\text{всп}}$; времени обслуживания (на текущий и мелкий ремонт оборудования) $t_{\text{обсл}}$; времени $t_{\text{отд}}$ на личный отдых работников, задействованных в выполнении операций технологического процесса; подготовительно-заключительного времени $t_{\text{п-з}}$:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{маш}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{отд}} + t_{\text{п-з}}. \quad (3)$$

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

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

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

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

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

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

$$\Pi_{\Gamma.\text{баз.}} = 2054/8 = 256 \text{ ремонтных сварок за год;}$$

$$\Pi_{\Gamma.\text{проектн.}} = 2054/3 = 668 \text{ ремонтных сварок за год.}$$

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 200$ ремонтных сварок в год.

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

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

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

$$n_{РАСЧ.Б} = \frac{8 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,76, \quad n_{РАСЧ.ПР} = \frac{3 \cdot 200}{2054 \cdot 1,03} = 0,28..$$

Необходимое количество оборудования $n_{пр}$, которое следует задействовать в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, задаётся исходя из рассчитанных согласно (5) значений. На основании проведённых расчётов принимаем по одной единице оборудования для базового и проектного вариантов технологии ($n_{пр} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$K_3 = n_{расч}/n_{пр}. \quad (6)$$

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

$$K_{3б} = 0,76/1 = 0,76, \quad K_{3п} = 0,28/1 = 0,28.$$

4.4 Заводская себестоимость базового и проектного вариантов технологии

Проведение ремонтной сварки магистрального трубопровода предусматривает расходование материалов. При ручной дуговой сварке расходным материалов будут штучные электроды. При механизированной сварке расходным материалом будут сварочная проволока и защитный газ.

Затраты M на сварочные материалы вычисляем с учётом нормы расходов H_p , цены материалов $Ц_m$ и коэффициента $K_{ТЗ}$ транспортно-заготовительных расходов:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\Phi ЗП_{\text{базов.}} = 2256 + 271 = 2527 \text{ рублей;}$$

$$\Phi ЗП_{\text{проектн.}} = 846 + 102 = 948 \text{ рублей.}$$

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

$$O_{\text{сн}} = \Phi 3П \cdot K_{\text{сн}} / 100. \quad (10)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$Z_{\text{об баз}} = 67 + 276 = 343 \text{ рублей},$$

$$Z_{\text{об проектн.}} = 79 + 107 = 186 \text{ рублей.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Калькуляция заводской себестоимости для базового и проектного вариантов технологии сведена в таблицу 13.

Таблица 13 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	2100	3203
2. Объем фонда заработной платы	ФЗП	2527	948
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	859	322
4. Объем финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	343	186
5. Величина технологической себестоимости	Стех	5829	4659
6. Объем цеховых расходов	Рцех	3384	1269
7. Величина цеховой себестоимости	Сцех	9213	5928
8. Объем заводских расходов	Рзав	2594	972
9. Величина заводской себестоимости	$C_{\text{ЗАВ}}$	11807	6900

Данные таблицы позволяют судить об экономической эффективности проектной технологии» [7]. Таким образом, на основании данных таблицы 13 можно заключить, что внедрение проектной технологии позволяет значительно уменьшить затраты и себестоимость сварки.

4.5 Капитальные затраты по базовому и проектному вариантам технологии

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{об. пр.} = 250000 \cdot 1,05 \cdot 0,28 = 73500 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$K_{\text{доп}} = 90000 - 73500 = 16500 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки в (25) соответствующих значений:

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

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

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{шт} = \frac{8-3}{8} \cdot 100\% = 63\%$$

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

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

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$П_T = (100 \cdot 63)/(100 - 63) = 233 \%$$

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

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

Расчётное снижение технологической себестоимости согласно (28) составило:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{5829 - 4659}{5829} \cdot 100\% = 20\%$$

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

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

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

$$\text{Э}_{\text{у.г.}} = (11807 - 6900) \cdot 200 = 981400 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Э}_{\Gamma} = 981400 - 0,33 \cdot 90000 = 951700 \text{ руб.}$$

Выводы по экономическому разделу

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

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

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 63 %, повышение производительности труда на 233 %, уменьшение технологической себестоимости на 20 %.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 0,98 млн. рублей. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,95 млн. рублей.

Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,1 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - повышение производительности выполнения сварочных работ при ремонте магистрального нефтепровода.

При анализе альтернативных способов сварки, которые могут быть применены при выполнении ремонтной сварки магистрального нефтепровода, были рассмотрены: ручная дуговая сварка, сварка под флюсом, сварка плавящимся электродом в защитных газах, сварка порошковой самозащитной проволокой.

Анализ преимуществ и недостатков каждого способа, проведенный с применением экспертной оценки, позволил обосновать выбор способа сварки для построения проектной технологии ремонтной сварки магистрального нефтепровода. Принято решение использовать механизированную сварку в защитном газе проволокой сплошного сечения.

Рассмотрены пути повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах. На основании анализа источников научно-технической информации принято решение использовать сварку с импульсным управлением дугой, для чего предложено использовать устройство [2].

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

Изучение особенностей технологического процесса ремонтной сварки позволило идентифицировать опасные и вредные производственные факторы, предложить стандартные средства и методики для устранения опасных факторов

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 0,95 млн. рублей.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод достижения цели.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белинский С. М., Гарбуль А. Ф., Гусаковский В. Г. Оборудование для дуговой сварки: справ. пособие. Л. : Энергоатомиздат, 1986. 656 с.
2. Верёвкин А.А. Повышение эффективности сварки в CO₂ неповоротных стыков магистральных трубопроводов за счет применения импульсного питания сварочной дуги : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Барнаул : Томский политехнический университет. 2010.
3. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
3. Ивакин А. В., Макаров Г. И. Нефтепровод «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) – уникальный объект трубопроводного транспорта нефти // Территория Нефтегаз. 2007. № 5. С. 52–56.
4. Калайдов А. Н., Хорчоева Н. Г. Анализ статистики и прогнозирование аварий на магистральных нефтепроводах // Технология техносферной безопасности. 2017. № 4. С. 49–53.
5. Корчемкин А. Е. Современное состояние сварки магистральных трубопроводов // Записки горного института. 2004. № 7. С. 175–177.
6. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы. 2016. № 4. С. 18–23.
7. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
8. Лисанов М. В., Савина А. В., Дегтярев Д. В., Самусева Е. А. Анализ российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 7. С. 16–22.
9. Лисин Ю. В. Совершенствование методов подготовки и проведения капитального ремонта магистральных нефтепроводов : диссертация на

соискание учёной степени кандидата технических наук. М. : АК «Транснефть». 1999.

10. Молодцов Г. И. Разработка взрывных технологий для обслуживания и ремонта трубопроводов : диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Уфа : Институт проблем транспорта энергоресурсов. 2001.

11. Постановление Правительства РФ от 17 августа 2016 г. № 806 «О применении рискориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».

12. Потапьевский А. Г., Сараев Ю. Н., Чинахов Д. А. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего : монография. Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. 208 с.

13. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. К.: ЭкоТехнолопя, 2007. 192 с.

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

15. Сварка в машиностроении: Справочник в 4-х т. / Ред. кол.: Г. А. Николаев (пред.) [и др.]. М. : Машиностроение, 1978. Том 2. / Под ред. А. И. Акулова, 1979. 462 с.

16. Столяров В. И. Свариваемость высокопрочных сталей для газопроводных труб большого диаметра // Проблемы чёрной металлургии и материаловедения. 2008. № 3. С. 39–47.

17. Сумской С. И., Пчельников А. В., Шанина Е. Л. Анализ риска аварий на магистральном трубопроводе, транспортирующем широкую фракцию легких углеводородов // Безопасность труда в промышленности. 2007. № 2. С. 48–52.

18. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки

углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

19. Dilthy U., Reisinger U., Stenke V. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. 1995. № 2. P. 118–123.

20. Dixon K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. 1999. № 5. P. 8–13.

21. Lucas W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. 1992. № 6. P. 269–276.