

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
(наименование института полностью)

(наименование кафедры)

(код и наименование направления подготовки, специальности)

(наименование профиля, специализации)

Тольятти, 2018

АННОТАЦИЯ

Важная роль при выполнении ремонтно-восстановительных работ и реконструкции объектов линейной части магистральных трубопроводов отводится дуговым способам сварки. После проведения технической диагностики и выявления дефектов возникает вопрос об их классификации, а затем и о способах ремонта объектов. Поэтому одной из первоочередных задач является обеспечение исполнителей сварочных работ на действующих трубопроводах ведомственной нормативно-технической документацией, разработанной с учетом передового опыта эксплуатации магистральных трубопроводов, достижений научно-технического прогресса в области создания новой техники и технологий, а также международных требований и стандартов. **Цель** выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества проведения ремонтной сварки на магистральных нефтепроводах.

Для достижения поставленной цели выполнялись следующие работы:

- 1) обосновать замену способа ремонтной сварки нефтепровода на основе современных достижений сварочной науки и техники;
- 2) обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления ремонтной сварки нефтепровода и предложить оптимальные параметры режима сварки;
- 3) составить проектную технологию ремонтной сварки нефтепровода с применением предложенных технических решений.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 68 %, повышению производительности труда на 212,5 %. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 7,4 млн рублей.

Пояснительная записка состоит из 60 страниц, графическая часть включает в себя 6 листов формата A1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Описание объекта исследования	8
1.2 Свойства материала нефтепровода и оценка его свариваемости	10
1.3 Операции базового технологического процесса ремонтной сварки	11
1.4 Анализ научно-технической информации по тематике исследования	15
1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы	18
2 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ НЕФТЕПРОВОДА	
2.1 Выбор способа ремонтной сварки	19
2.2 Повышение технологических свойств механизированной сварки в углекислом газе	23
2.3 Проектная технология ремонтной сварки	25
3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА	
3.1 Технологическая характеристика объекта	32
3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство	34
3.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	35
3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта	36
3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта	38
3.6 Заключение по экологическому разделу	39
4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	

ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ	
4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта	40
4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования	43
4.3 Расчёт времени, затрачиваемого для выполнения годовой программы, и коэффициента, учитывающего загрузку оборудования	43
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии	45
4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии	50
4.6 Расчёт капитальных затрат на проведение сварки по базовому и проектному вариантам технологии	50
4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии	52
4.8 Выводы по экономическому разделу	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	56

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность и экономическая целесообразность трубопроводного транспорта углеводородного сырья в настоящее время является общепризнанным фактом. При этом он оказывает минимальное, по сравнению с другими видами транспорта, вредное воздействие на окружающую среду. Однако положение коренным образом меняется при авариях, в случае возникновения, приводящие к экономическому и экологическому ущербу, гораздо большему, чем стоимость самого сооружения, к риску для жизни людей [1]. В связи с этим вопрос надежности магистральных трубопроводов является объектом постоянного внимания органов Государственного надзора в области промышленной, пожарной и экологической безопасности.

Сооружение магистральных нефтепродуктопроводов началось в начале шестидесятых годов, когда в Советском Союзе решались задачи обеспечения топливом военных баз и экспорта продуктов переработки нефти в страны Запада. У специалистов вызывает тревогу возрастной состав, проложенных по территории страны магистралей (срок эксплуатации большей части эксплуатируемых магистральных трубопроводов превышает заложенный Временным классификатором амортизационный срок эксплуатации, равный 33 годам). Тотальная замена магистральных трубопроводов потребует серьезных капиталовложений, в то время как они не исчерпали свой ресурс и могут продолжать функционировать. В связи с этим в настоящее время все большее применение находит концепция эксплуатации по техническому состоянию, основанная на прогнозе индивидуального остаточного ресурса трубопроводов. Применение этой концепции стало возможным благодаря использованию внутритрубных снарядов для поиска и обнаружения дефектов и повреждений материала труб и их сварных соединений. Между тем используемые в настоящее время внутритрубные снаряды не позволяют обнаружить все опасные дефекты (в первую очередь дефекты сварных

соединений). Степень обнаружения опасных дефектов составляет примерно 40...50 % [2]. Кроме того, сварные соединения являются наиболее весомым фактором возникновения аварий на магистральных трубопроводах [3]. Таким образом, надежность и безопасность трубопроводов в значительной мере определяется состоянием сварных соединений.

Большие резервы для повышения эффективности ремонтных работ скрыты в разработке прогрессивных способов ремонта и средств, с помощью которых можно восстанавливать несущую способность труб с разными дефектами, в том числе ликвидировать сквозные дефекты на действующих трубопроводах. К таким работам можно отнести заварку коррозионных язв и раковин; усиление бандажами или герметичными муфтами линейной части трубопровода с коррозионными повреждениями; приварку катодных отводов; локальный ремонт с применением заплат-муфт; присоединение ответвлений с целью подключения новых пользователей или месторождений к основной магистрали, установки перемычек, подключения лупингов или замены протяженных дефектных участков трубопровода в условиях эксплуатации; ликвидацию дефектов в сварных кольцевых стыках трубопровода дуговой сваркой; усиление дефектных кольцевых стыков двухслойными муфтами; установку на участки с коррозионно-механическими повреждениями композитных бандажей и компаундных муфт; ремонт вмятин и гофров герметичными муфтами с заполнением самозатвердевающим раствором межтрубной пустоты.

Важная роль при выполнении ремонтно-восстановительных работ и реконструкции объектов линейной части магистральных трубопроводов отводится дуговым способам сварки. После проведения технической диагностики и выявления дефектов возникает вопрос об их классификации, а затем и о способах ремонта объектов. Поэтому одной из первоочередных задач является обеспечение исполнителей сварочных работ на действующих трубопроводах ведомственной нормативно-технической документацией, разработанной с учетом передового опыта эксплуатации магистральных

трубопроводов, достижений научно-технического прогресса в области создания новой техники и технологий, а также международных требований и стандартов.

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества проведения ремонтной сварки на магистральных нефтепроводах.

Поставленная цель должна быть достигнута с использованием современных достижений науки и техники в области ремонтной сварки магистральных трубопроводов.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Описание объекта исследования

В результате диагностических обследований выявляется значительное количество дефектов различного типа. На магистральном нефтепродуктопроводе «Участок № 41» по результатам внутритрубных диагностических обследований, выполненных в 2013 году, выявлено несколько сотен тысяч дефектов. Зарегистрированы дефекты следующих типов: дефекты стенки трубы (внутренняя и внешняя потери металла, расслоения, включения), дефекты геометрии трубы (вмятины и гофры), аномалии продольных и поперечных швов, классифицированные как смещения, несплошности плоскостного типа (непровары, трещины, несплавления). Из всего объема обнаруженных дефектов 99,8 % составляют коррозионные повреждения – «потеря металла». В то же время более 80 % данных дефектов составляют дефекты малых геометрических размеров – менее 20 % от толщины стенки трубопровода. Анализ распределения дефектов в окружном направлении, представленный на рисунке 1, показывает неравномерное распределение дефектов по длине нефтепродуктопровода. Это связано с разным возрастом эксплуатируемых труб (в течение эксплуатации происходила замена участков трубопровода). На первой половине графика находится основная часть выявленных дефектов, что объясняется значительным возрастом проложенных труб, причем расположены они преимущественно в районе нижней образующей. Это связано с вынужденными простоями трубопровода, во время которых растворенная в перекачиваемом продукте вода отстаивалась и способствовала интенсификации коррозионных процессов. Равномерное распределение дефектов по окружности трубы на участках, с меньшим сроком эксплуатации, для которых характерно незначительное количество дефектов (участки Б и В), говорит о том, что наиболее вероятной причиной их возникновения является равномерный коррозионный износ.

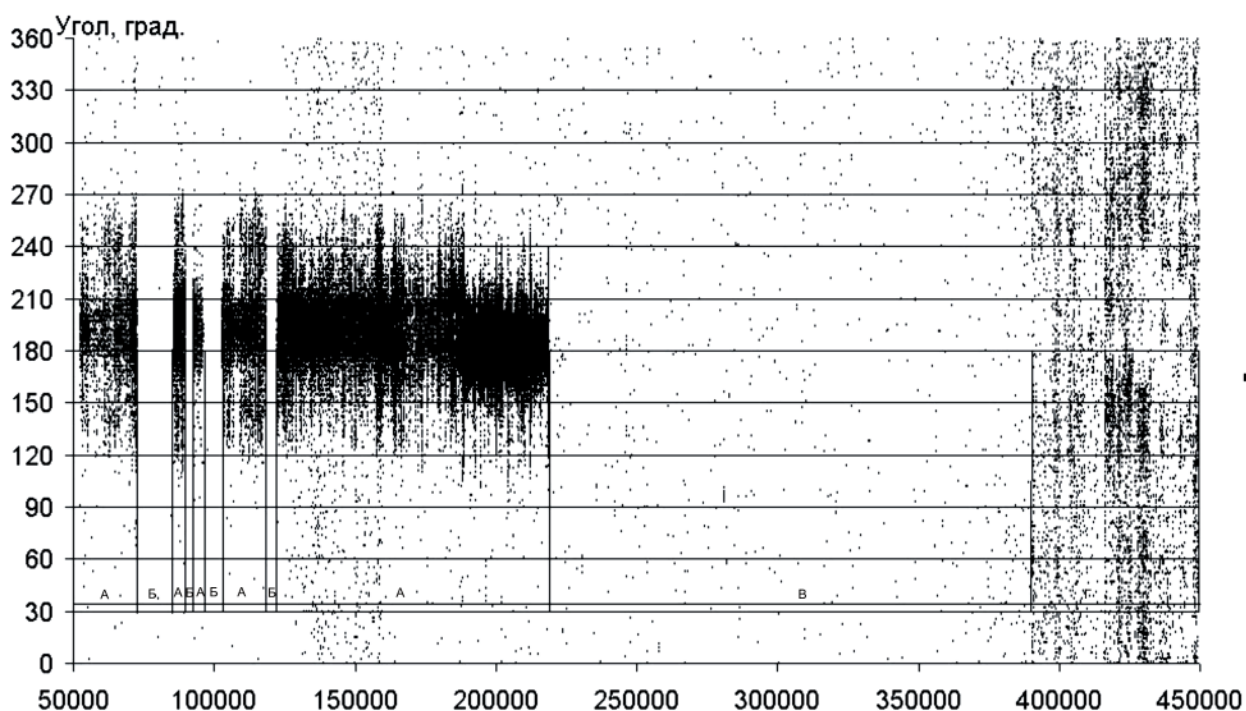


Рисунок 1.1 – Распределение дефектов по окружности «Участок № 41» по данным внутритрубного диагностического обследования



Рисунок 1.2 – Ремонтная сварка нефтепровода «Нижневартовск-Курган-Куйбышев»

Одним из наиболее опасных дефектов являются несплошности материала типа трещин. Такие дефекты могут быть поверхностные (с наружной либо внутренней поверхности трубы), сквозные и подповерхностные (последние при обычных толщинах магистральных трубопроводов встречаются редко). Выбор ремонта таких дефектов начинается, как правило, с оценки возможности путем шлифования перевода дефекта из типа

недопустимой трещины в объемный дефект канавочного типа, расположенный вдоль образующей (длина дефекта s) либо вдоль окружности (длина дефекта c) при глубине $\delta_{\text{изм}}$.

Нефтепровод «Нижевартовск-Курган-Куйбышев» - это часть системы, объединяющей магистральные нефтепровод компании «АК «Транснефть». Строительство нефтепроводов до 1990 года производилось без применения активной антикоррозионной защиты. Пассивная защита представляет собой битумную изоляцию достаточно низкого качества. Следует принять во внимание соседство построенных нефтепроводов с линиями электропередач и железными дорогами, что может приводить к воздействию блуждающих токов на трубы нефтепровода. Блуждающие токи интенсивно изнашивают нефтепровод путём уноса с его поверхности частиц металла. Диаметр труб нефтепровода 1220 мм.

1.2 Свойства материала нефтепровода и оценка его свариваемости

Трубы нефтепровода выполнены из стали 17Г1С-У (ГОСТ 20295-85) классом прочности труб **K52**.

Сталь 17Г1С нашла применение при изготовлении сварных металлоконструкций, которые работают под давлением в условиях действия температур от -40 до +475 °С. Также эта сталь применяется для изготовления элементов технологических трубопроводов, передающих пар и горячую воду с температурой среды не более 350 °С и рабочим давлением не более 2,2 МПа (22 кгс/см²). Указанная сталь применяется при строительстве магистральных нефтепроводов и газопроводов с трубами класса прочности К 52 (электросварные прямошовные трубы).

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла. Также повышение прочности металла шва и его

стойкости против хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

Стойкость против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на прочность сварных соединений оказывает правильный выбор соответствующей технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность выполнения швов и обеспечивающей благоприятную форму провара.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 17Г1С

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

Таблица 1.2 – Механические свойства при T=20 °С стали 17Г1С

Сортамент	σ_B	σ_T	d_5	KCU
-	МПа	МПа	%	кДж / м ²
Лист	510	345...355	23	390...440
Трубы	490	343	20	

1.3 Операции базового технологического процесса ремонтной сварки

Сварка продольных швов

При проведении ремонтной сварки применяют стандартную V-образную разделку, угол скоса кромок составляет 30 градусов, притупление кромок составляет $1,8^{+0,8}$ мм (рис. 1.3).

При сборке стыков для сварки полумуфт выдерживается технологический зазор $3,0^{+0,5}$ мм. Смещение стыкуемых кромок при сборке полумуфт не должно быть больше 20 % от толщины стенок труб, но не больше 3,0 мм. Контролируют величину зазора и смещение кромок за счет

измерительных инструментов (шаблона сварщика, щупов, штангенциркулей, металлических линейек).

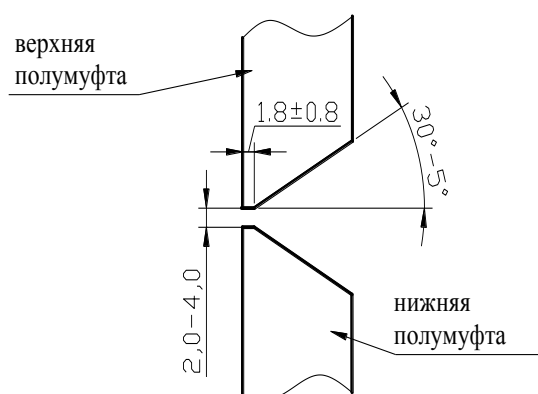


Рисунок 1.3 – Форма разделки кромок продольного стыка муфты при ремонтной сварке нефтепровода

Чтобы избежать приварки ремонтной конструкции к основной трубе, необходимо сборка продольных стыков полумуфт проводится с использованием специальных технологических подкладок – стальных пластин толщиной $1,5^{+0,5}$ мм и шириной 30^{+10} мм. Подкладки изготавливают из низкоуглеродистой стали марок Ст3, сталь 10, сталь 20.

Таблица 1.3 – Параметры режимов при ручной дуговой сварке продольных стыков в ходе установки ремонтных конструкций нефтепроводов

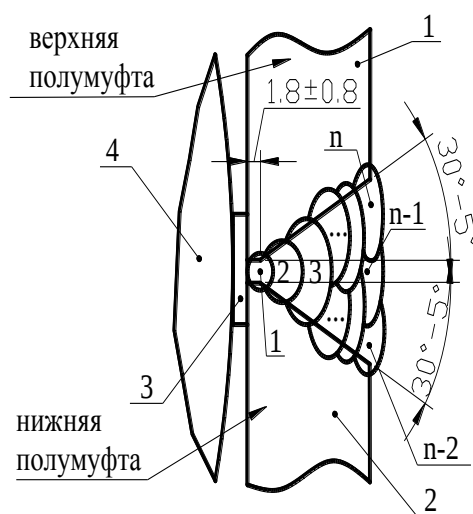
Сварочные слои	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Корневой	3,0	90...120
Заполняющие	3,0	100...130
	4,0	120...160
Облицовочный	3,0	90...120
	4,0	120...140

Если при визуальном осмотре прихваток на них обнаружены дефекты (поры, сетки пор, шлак и пр.), их необходимо устранить выборкой с использованием шлифмашинки. Если прихватка имеет недопустимые дефекты (трещины, надрывы), то производят её удаление выборкой и повторную заварку.

На рис. 1.4. показана последовательность при наложении швов по всему сечению продольного сварного соединения. В таблице 1.4. указаны минимальные количественные значения слоев при сварке.

В процессе выполнения сварного шва производят контроль температуры между слоями, которая должна находиться в диапазоне от 50 до 250 °С. Если произошло снижение межслойной температуры ниже 50 °С, необходимо проведение повторного подогрева до температуры 50...250 °С. Если произошло повышение межслойной температуры выше 250 °С, необходим перерыв до охлаждения сварного шва до температуры 50...250 °С.

По окончании сварки необходимо накрыть продольные швы теплоизолирующими поясами, что уменьшает скорость их охлаждения и предотвращает образование закалочных структур, имеющих высокую твердость.



1 – верхняя полумуфта; 2 – нижняя полумуфта; 3 – технологическая подкладка; 4 – труба

Рисунок 1.4 – Последовательность наложения швов по сечению сварного соединения продольных стыков муфт (сварка с использованием технологической подкладки)

Таблица 1.4 – Минимальное количество слоев шва продольного стыка при выполнении установки ремонтных конструкций нефтепроводов

Толщина стенки ремонтных конструкций, мм	Минимальное количество проходов
менее 15 мм	5 проходов
от 15 мм до 19 мм	6 проходов
от 19 мм до 22 мм	7 проходов
от 22 мм до 25 мм	9 проходов
более 25 мм	11 проходов

Сварка кольцевых швов

Сварку муфты с трубой проводят с наложением кольцевых угловых швов. Сварку элементов муфты с трубопроводом проводят нахлесточным соединением без скоса кромок. Прилегание приварных ремонтных конструкций должно быть плотным с зазором от 0 до 3,0 мм.

Сварку ремонтных конструкций к трубе нефтепровода производят без предварительного подогрева наложением шва отдельными короткими участками в два валика (сначала нижний, потом верхний). Нагрев от нижнего валика производит предварительный подогрев, нагрев от верхнего валика производит отжиг. Верхний валик сваривают сразу после очистки шва от шлака и шлифмашинкой. Между сваркой нижнего и верхнего валика не должно быть больше 20 с.

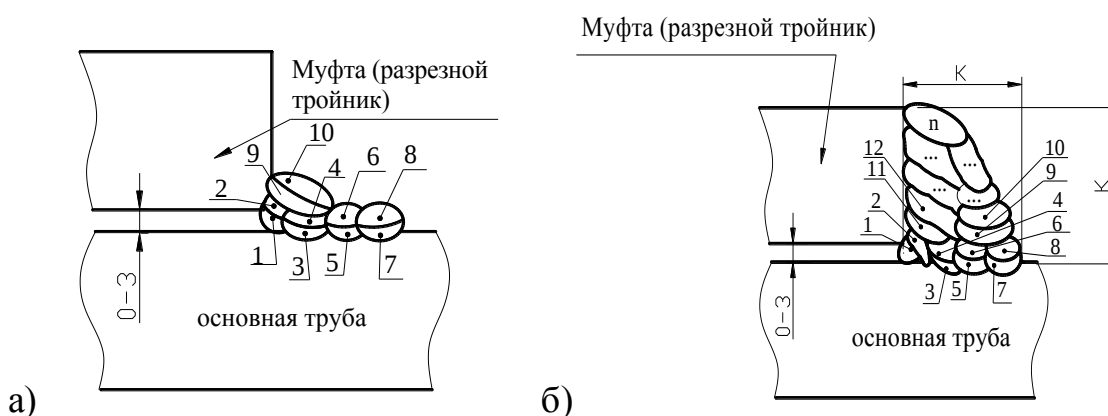


Рисунок 1.7 – Последовательность при наложении слоев для сварки угловых швов без дополнительного подогрева

В соответствии с табл. 1.4 выбирают количество слоев шва при сварке. Этот параметр зависит от толщины стенки ремонтных конструкций.

Таблица 1.5 – Значение параметров режима ручной дуговой сварки продольных стыков

Сварочные слои	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Наплавочные слои:		
- нижний валик	3,0	90...100
- верхний валик	3,0	90...110
Корневой слой:		
- нижний валик	3,0	100...130
- верхний валик	3,0	90...120
Заполняющие слои:		
- нижний валик	4,0	120...150
- верхний валик	4,0	120...150
Облицовочный слой	3,0	100...130
	4,0	120...140

1.4 Анализ научно-технической информации по тематике исследования

Был произведён поиск источников научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки магистральных трубопроводов. Было отобрано и проанализировано пять источников информации.

В первом источнике информации [4] приведены результаты комплексных исследований образцов труб, вырезанных из нефтепроводов, включающие гидравлические трубной секции до разрушения. Установлено, что факторы длительного силового нагружения слабо влияют как на физико-механические свойства и ресурс пластичности материалов, так и на сохранение высоких показателей конструкционной прочности обследуемых трубопроводов после длительного периода эксплуатации.

Во второй работе [5] представлены результаты исследований процесса дуговой сварки порошковыми проволоками в защитных газах. На основе анализа данных мониторинга электрических сигналов установлено влияние

минеральных составляющих сердечника порошковой проволоки и состава защитного газа на стабильность горения дуги и характер переноса металла.

В третьей работе [6] приведен метод расчета температуры проволоки на выходе ее из мундштука с учетом падения напряжения в месте контакта электродной проволоки с мундштуком сварочной горелки. Результаты расчетно-теоретического анализа хорошо согласуются экспериментальными данными. Результаты этой работы будут использованы при составлении проектной технологии сварки.

В четвёртой работе [7] выполнен анализ напряженного состояния трубопровода с объемным дефектом на внутренней поверхности трубы для различных вариантов ремонтных работ, направленных на продление остаточного ресурса трубопровода. Показано, что при установке двух бандажей, расположенных симметрично относительно дефекта на длине удвоенной длины дефекта, существенно снижается коэффициент концентрации напряжений и продлевается остаточный ресурс трубопровода. При этом сохраняется возможность осуществления послеремонтного мониторинга дефектного участка.

В пятой работе [8] показано, что ремонтные технологии для устранения дефектов в магистральных трубопроводах требуют обоснования для характерных типовых случаев соответствия назначению. Для этой цели разрабатываются соответствующие расчетные алгоритмы определения риска отказа отремонтированного дефекта в зависимости от его размеров, метода ремонта и условий эксплуатации. В работе освещается разработанный подход при выборе технологии ремонта трещин. Результаты этой работы будут использованы при выборе способа сварки и составлении проектной технологии ремонтной сварки.

В шестой работе [19] проанализированы основные сварочно-технологические свойства защитных чистых газов и газовых смесей при сварке различных материалов плавящимся и неплавящимся электродом. Подчеркнуто, что знание свойств компонентов защитных газов позволяет

сделать их рациональный выбор с точки зрения оптимизации процесса сварки, повышения показателей качества и служебных характеристик сварных изделий, улучшения условий труда и повышения его производительности, а также обеспечения экологической безопасности работ. На основании приведенных данных сделан вывод, что в ближайшем и более отдаленном будущем этот способ останется одним из ведущих технологических процессов соединения материалов.

Результаты этой работы будут применены при составлении проектной технологии сварки и анализе возможных способов сварки.

В седьмой работе [20] предложен состав газовой смеси для механизированной сварки в защитных газах, в состав которой введен озон в количестве $0,00001 \dots 0,1\%$, что существенно повышает технологические свойства сварочной дуги.

Результаты этой работы будут использованы при выполнении выпускной квалификационной работы³ при составлении проектной технологии сварки.

В восьмой работе [21] Рассмотрены современные разработки механизмов подачи электродной проволоки применительно к оборудованию для сварки, наплавки и резки сталей и сплавов алюминия, дана классификация их основных типов. Особый интерес для специалистов представляют механизмы, осуществляющие подачу электродной проволоки с управляемым нестационарным характером движения (прерывистая подача, модулированная и импульсная). Рассмотрены достоинства и недостатки некоторых оригинальных конструкций импульсных механизмов подачи электродной проволоки.

Результаты этой работы будут применены при составлении проектной технологии сварки для выбора сварочного оборудования.

В девятой работе [28] Рассмотрена математическая модель, описывающая зависимость тока дугового процесса и соответственно скорости плавления электродной проволоки от изменяющегося характера ее

движения в процессе сварки плавящимся электродом, в частности, при коротких замыканиях дугового промежутка.1

Результаты этой работы будут применены при составлении проектной технологии сварки для выбора сварочного оборудования.

1.5 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

Анализ базовой технологии с применением ручной дуговой сварки позволил выявить следующие её недостатки:

- 1) получение большого числа дефектов;
- 2) малая производительность сварки;
- 3) потери электродов на разбрызгивание и огарки;
- 4) высокие требования, предъявляемые по обеспечению точности сборки ремонтной муфты.

Для устранения этих последствий необходимо:

- 1) Произвести анализ возможных способов сварки и предложить замену ручной дуговой сварке;
- 2) Предложить меры по повышению технологических свойств выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции;
- 3) Обосновать выбор сварочных материалов и оборудования для осуществления сварки и предложить оптимальные параметры режима сварки;
- 4) составить проектную технологию сварки с применением предложенных ранее технических решений.

2 РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТНОЙ СВАРКИ НЕФТЕПРОВОДА

2.1 Выбор способа ремонтной сварки

В числе преимуществ дуговой сварки с применением штучных электродов (рис. 2.1) следует отметить: во-первых, гарантированная качественная шлаковая защита сварного шва при условии равномерного сплавления электродного металла и материала обмазки; во-вторых, возможность легирования сварного соединения. В числе недостатков дуговой сварки с применением штучных электродов следует отметить: во-первых, ручной труд; во-вторых, необходимость высокой квалификации сварщика для получения стабильного качества сварных швов, которое напрямую зависит от квалификации и кондиции сварщика; в-третьих, необходимость частой смены электродов и прерывание процесса сварки; в-четвёртых, отсутствие возможности и механизации автоматизации процесса сварки изделий.

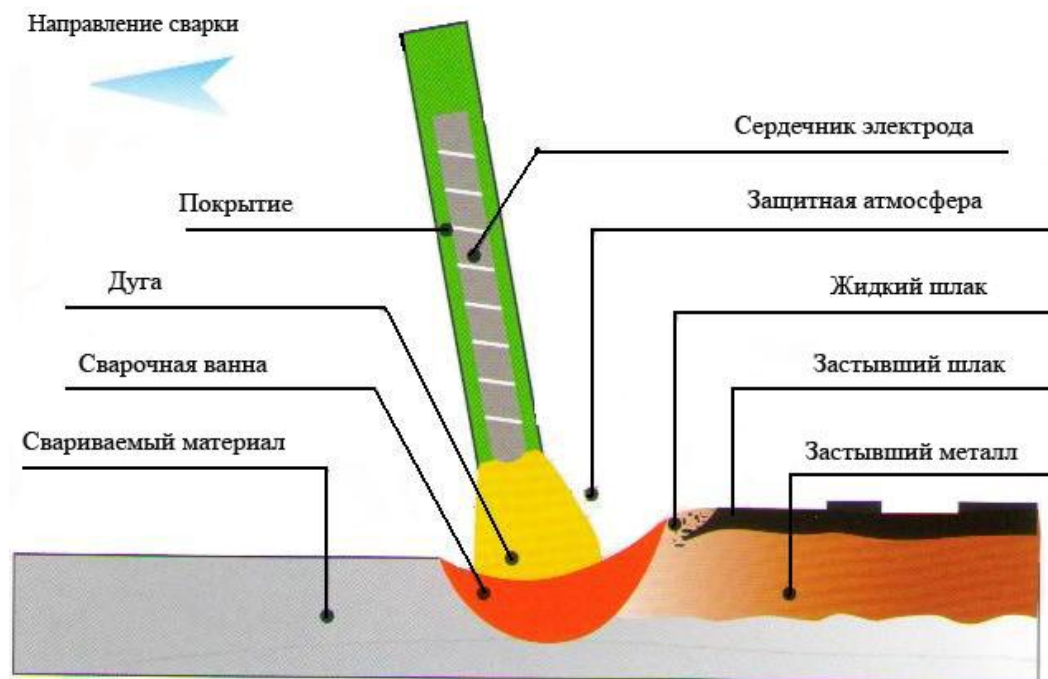


Рисунок 2.1 – Схема ручной дуговой сварки

В качестве преимуществ механизированной сварки в активных газах следует отметить: во-первых, хорошую газовую защиту сварочной ванны и металла шва; во-вторых, относительную простоту и малую стоимость сварочного оборудования; в-третьих, высокую производительность. В качестве недостатков механизированной сварки в активных газах следует отметить: в-первых, необходимость в оснащении сварочного оборудования механизмом подачи присадочной проволоки, от особенностей работы которого сильно зависит качество выполняемых сварных соединений [9]; во-вторых, необходимость использования газовых баллонов; в-третьих, необходимость борьбы с разбрызгиванием металла. Наибольшим преимуществом механизированной сварки в средах защитных газов является повышенная вязкость расплавленного металла, которая позволяет выполнять сварку стыковых швов на в подвешенном состоянии и производить механизацию сварки неповоротных стыков для разных пространственных положений.

Диоксид углерода долгое время преимущественно использовали в странах Восточной Европы и развивающихся странах благодаря его относительно низкой стоимости и доступности. Однако такие существенные недостатки сварки в CO_2 серийными кремнемарганцевыми проволоками, как повышенный уровень разбрызгивания и набрызгивания электродного металла, не широкое и глубокое проплавление основного металла с высоким валиком, зачастую плохие физико-механические свойства металла шва и особенно его ударная вязкость при отрицательных температурах стали причиной того, что в последнее время и в этих странах наблюдаются устойчивые тенденции к вытеснению CO_2 смесями газов на основе аргона в тех отраслях, где уделяется повышенное внимание к показателям качества металла шва и сварных соединений.

Среди некоторых промышленно развитых стран только продолжает сохраняться устойчиво высокие объемы применения сварки в CO_2 (около 70 % общего объема сварочных работ, выполняемых механизированной сваркой

в защитных газах в Японии). Это связано с необходимостью экономии энергетических ресурсов, поскольку производство аргона по сравнению с CO_2 обладает повышенной энергоемкостью. Поэтому работы по уменьшению недостатков процесса сварки в CO_2 ведутся в направлении совершенствования источников питания или использования новых сварочных проволок как сплошного сечения, так и порошковых.

Известна защитная газовая смесь, состоящая из 80% Ar +15% CO_2 +5% O_2 , обеспечивающая высокое качество металла сварных швов и значительное уменьшение разбрызгивания при сварке со струйным переносом электродного металла.

При отсутствии струйного переноса процесс сварки в этой смеси практически не отличается от сварки в CO_2 и характеризуется интенсивным разбрызгиванием электродного металла и грубо-чешуйчатым формированием поверхности шва. Это значительно ухудшает внешний вид свариваемого изделия и как следствие сужает область применения защитных газовых смесей.

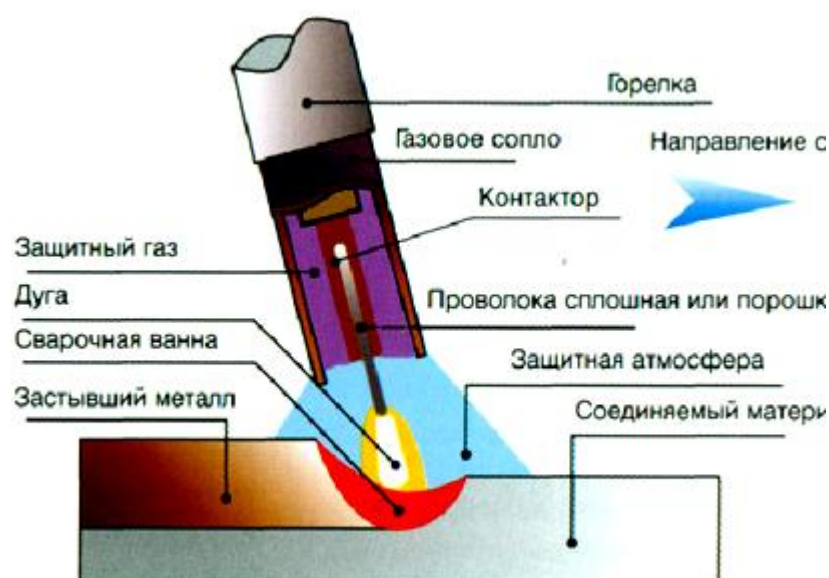


Рисунок 2.2 – Схема механизированной сварки в защитных газах

Механизированная сварка с применением самозащитной порошковой проволоки сочетает в себе положительные свойства ручной дуговой сварки с применением штучных электродов (защита, легирование и раскисление

расплавленного металла), и механизированной сварки проволоками сплошного сечения в средах защитных газов (в частности, высокую производительность). Использование самозащитных порошковых проволок при сварке даёт существенные производственные преимущества, которые особенно сильно проявляются в монтажных условиях. Также следует отметить отсутствие необходимости в использовании газовой аппаратуры (не нужны баллоны, шланги, газовые редукторы), флюса и флюсоподающей аппаратуры, усложняющие процесс сварки или повышающие его трудоемкость (требуется проведение засыпки и уборки флюса и пр.).



Рисунок 2.3 – Схема сварки с применением порошковой проволоки

В числе преимуществ механизированной сварки самозащитными порошковыми проволоками следует отметить также возможность наблюдения за подачей электрода в разделку, которое особенно важно при проведении сварки с поперечными колебаниями. Также в числе преимуществ следует отметить возможность слежения за образованием шва. За счёт изменения состава шихты порошковой проволоки можно осуществлять воздействие на химический состав металла шва и изменять технологические характеристики сварочной дуги.

2.2 Повышение технологических свойств механизированной сварки в углекислом газе

В настоящее время совершенствование сварочных процессов и оборудования для механизированной сварки в основном происходит с учетом возможностей, которые можно получить, используя инверторные источники сварочного тока и разнообразие алгоритмов управления переносом электродного металла и циклом сварки.

Проведённое исследование быстропротекающих процессов при сварке с короткими замыканиями [10] были выполнены с применением методов физико-математического моделирования, при этом использовались различные алгоритмы управления источником питания для сварки. Полученные экспериментальные данные подтверждают результаты теоретических исследований. Проводилась запись осциллограмм тока и напряжения сварочной дуги, одновременно с этим выполняли синхронизированную скоростную киносъёмку процесса горения сварочной дуги (скорость съёмки составляла 3600 кадров/с). Оценку качества сварных соединений проводили с использованием металлографических исследований.

Поглощение капли сварочной ванны характеризуется тремя значениями расположения центра тяжести, определенными по соотношению форм перемычки на различных стадиях формирования капли (рис. 2.4).

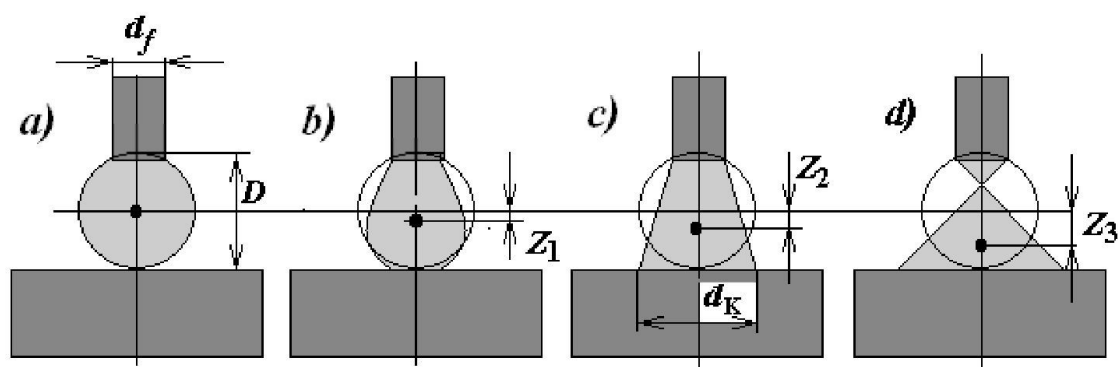


Рисунок 2.4 – Изменение размеров и расположения центра капли при коротком замыкании

В результате моделирования установлено, что период коротких замыканий обладает большей стабильностью, если осуществлять дополнительные управляющие воздействия при импульсном управлении процессом сварки. Подобное импульсное управление процесса сварки приводит к существенному увеличению тока дуги, стабильности переноса капли проволоки в ванну расплава, длины дуги и размера капель в сравнении со сваркой в непрерывных режимах и отсутствии управления.

Полученные в ходе эксперимента данные подтверждают правильность расчётных значений сварочного тока и напряжения на дуге. Также совпадают и периоды следования капель у теоретических и опытных значений, которые были получены при скоростной киносъёмке дугового промежутка (рис. 2.5).

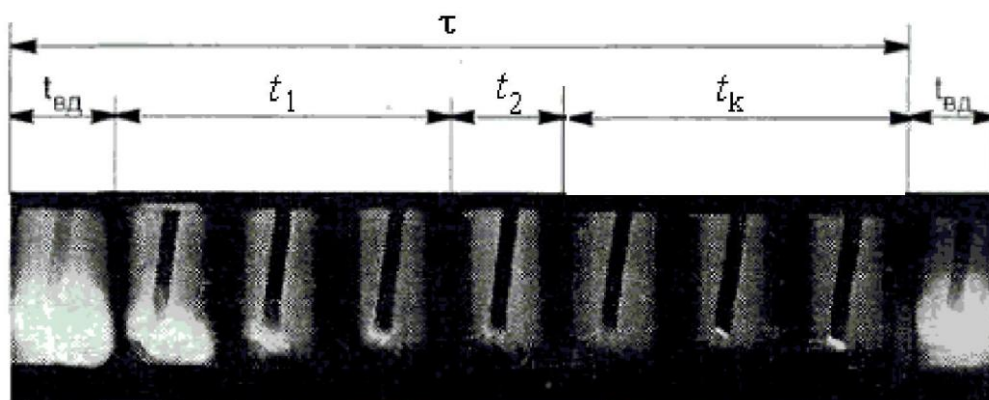


Рисунок 2.5 – Реальный цикл при управляемом переносе капель через дуговые промежутки

Анализ операции сварки с управлением каплепереноса показывает, что наилучшее саморегулирование каплепереноса достигается при получении равных длительностей на стадии формирования и стадии успокоения капель. Минимальный ток сварки на стадии успокоения капель и короткого замыкания определяют при соблюдении условия сохранения объёма единичной капли. Максимальная амплитуда импульса тока в процессе коротких замыканий ограничивается условием недопустимости нагрева расплавленного металла в перемычке до температуры кипения.

Таким образом, была решена проблема начального возбуждения сварочной дуги в процессе механизированной сварки проволокой сплошного

сечения в углекислом газе, проводимом с использованием управляемого каплеперноса электродного металла. что достигнуто возбуждением дуги на жесткой ВАХ источника, далее происходит переход к управляемому каплепереносу.

На основании проведенных исследований [10] предложен алгоритм управления сваркой с управлением каплепереноса, при реализации которого разработали оптимальную структуру импульсного источника питания. В качестве основы использован быстродействующий инвертор, управляемый с применением микропроцессорного устройства. Предложенные подходы реализованы в многофункциональном инверторном источнике сварочного тока ДС 400.33 УКП и сварочного полуавтомата ПМ-4.33 (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Источник питания механизированной сварки с управляемым каплепереносом ДС 400.33 УКП и механизм подачи проволоки ПМ-4.33 (производства «ТехноТрон», Россия)

2.3 Проектная технология ремонтной сварки

Сварочные материалы

Для сварки будем использовать сварочную проволоку марки L-56 диаметра 1,14 мм (производство Lincoln Electric, США) или ее аналоги, прошедшие аттестацию. Сварочная проволока SuperArc L-56 (рис. 2.7)

предназначена для сварки деталей, покрытых окалиной. Максимальное качество сварки достигается при сварке деталей с чистыми поверхностями без следов смазки и ржавчины. Проволока L-56 имеет значительное содержание кремния и марганца, которые выполняют раскислительную функцию. Сварщики отдадут предпочтение этой проволоки за мягкость дуги и стабильную подачу.



Рисунок 2.6 – Проволока SuperArc L-56

Таблица 2.1 – Химический состав проволоки SuperArc L-56

Углерод	Марганец	Кремний	Сера	Фосфор	Медь
0,05...0,15 %	1,40...1,85 %	0,80...1,15 %	< 0,035 %	< 0,025 %	до 0,50 %

Таблица 2.2 – Механические свойства наплавленного металла

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

Значение параметров режима сварки

Значение параметров режима сварки принимаем исходя из рекомендаций фирмы Lincoln Electric (табл. 2.4). Величина вылета сварочной проволоки составляет 9,5...15,9 мм. В качестве типовой ошибки, часто допускаемой сварщиками, можно отметить установку чрезмерно большого вылета сварочной проволоки. Для контроля за величиной вылета сварочной проволоки необходимо обеспечить вылет контактного наконечника от торца сопла сварочной горелки на длину не менее 6,4 мм.

Таблица 2.3 – Параметры режима импульсной сварки проволокой SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм

Скорость подачи проволоки, дюйм./мин	Пиковый ток, А	Сварочный ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
90...170	400...420	150...170	10...12	10...16

Подготовка дефектного участка к ремонту

Перед проведением ремонта трубопровода с использованием сварных стальных муфт необходимо произвести очистку поверхности ремонтного участка трубопровода механическими способами на ширине не меньше 100 мм от границ для последующей установки муфты.

Для того, чтобы уточнить параметры и границы дефектов, выявить возможные недопустимые дефекты поверхности или расслоение металла трубы на длине не меньше 100 мм от границ установки ремонтной муфты необходимо выполнить следующие мероприятия.

- 1) осуществление по всему периметру ремонтируемого участка визуального, измерительного, ультразвукового контроля основного металла трубы, при этом поверхность трубы должна быть зачищенной на всём участке ремонта;
- 2) осуществление применительно к продольному сварному соединению визуального, измерительного, радиографического или ультразвукового контроля;
- 3) проведение радиографического или ультразвукового контроля по всему периметру применительно к кольцевому сварному соединению (если есть внутри зоны установки муфты кольцевой шов).

При обнаружении в контролируемой зоне недопустимых поверхностных или недопустимых внутренних дефектов, а также, если толщина стенки вышла за минусовой допуск, следует изменить место установки муфты на трубопроводе. При этом конечный участок расслоения или иного недопустимого дефекта должен быть перекрыт в каждую сторону не менее чем на 150 мм.

При установке на ремонтируемом участке трубопровода ремонтных муфт в количестве двух или больше, следует добиваться, чтобы расстояние между краями ремонтных муфт было не меньше 150 мм.

Установка муфт

Перед сборкой муфт следует зачистить усиление продольного заводского шва ремонтного участка трубы механическим способом. Зачистка выполняется «заподлицо» к наружной поверхности трубы в месте под предполагаемую установку муфты или ее элементов и на длине 150 мм от предполагаемой границы монтажа муфты. В ходе зачистки стоит выполнить плавные переходы на наружные поверхности заводского шва трубы при шероховатости поверхности не больше Rz32.

Сборка и фиксация полумуфт и полуколец на участке ремонта трубы производится с применением съемных приспособлений, обеспечивающих обжатие муфт.

В качестве сборочного приспособления используется наружный звенный центратор с гидравлическим приводом. Количество применяемых сборочных приспособлений задаётся в соответствии с длиной муфты. При установке муфты на ремонтируемом участке трубы запрещено нанесение приложения ударной нагрузки кувалдой или другими предметами для получения требуемого обжатия.

Сборку нахлесточных и угловых соединений муфты необходимо производить по периметру ремонтируемой трубы с наличием равномерного зазора, величина которого не должна быть больше чем 4,0 мм. Величина смещения свариваемых кромок продольного стыкового соединения полумуфт не должна быть больше 20 % толщины стенок трубы.

Величина при смещении свариваемых торцев нижней и верхней полумуфты друг относительно друга не должна превышать 5,0 мм. При смещении торцев более 5,0 мм допустимо проведение регулировки смещения путём регулирования зазоров продольного стыкового соединения полумуфт.

Сварка продольных швов муфт

Необходимо обеспечить продувку зоны сварки защитным газом перед возбуждением дуги. Следует поддерживать расстояние от сопла горелки до поверхностей свариваемых изделий в пределах не больше 25 мм.

Нельзя обрывать дугу в процессе сварки. Если обрыв дуги произошёл, необходимо зачистить от шлака кратер шва и прилегающие к нему участки шва на длине не меньше 15 мм. Возбуждать дугу после перерыва необходимо на ранее заваренном участке шва, находящемся от кратера на расстоянии 10...15 мм. При окончании сварки обрыв дуги следует производить после заплавления кратера, при этом необходимо произвести обдув сварочной ванны до потемнения металла.

Необходимо проведение внешнего осмотра после выполнения каждого прохода многослойного шва, чтобы выявить трещины и другие дефекты. Если дефекты были обнаружены, их следует устранить до выполнения следующего прохода.

Прихватки продольных стыковых соединений полумуфт следует выполнять равномерно по длине стыка, длина прихваток составляет 30...50 мм. Прихватки следует зачищать механическим способом. При обнаружении видимых дефектов на прихватках (пор, шлака, свищей и др.) их необходимо устранять шлифмашинкой. Если в прихватках обнаруживаются недопустимые дефекты (трещина или надрыв) они полностью удаляются (срезаются) шлифмашинкой и завариваются вновь.

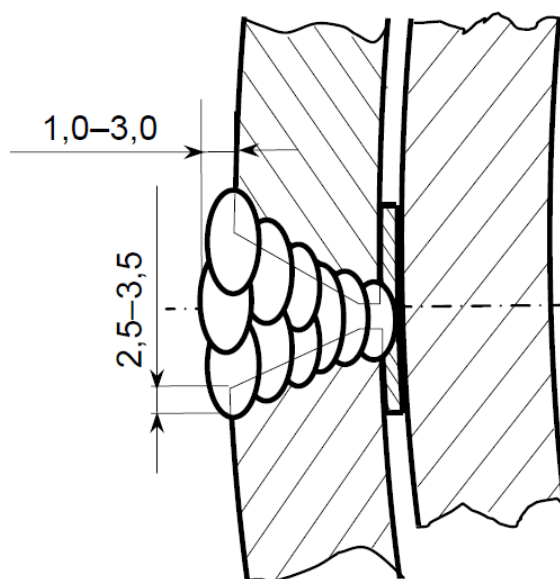


Рисунок 2.7 – Последовательность выполнения слоев шва при сварке
продольного шва муфты

Сварка кольцевых швов муфт

Выполнение сварки кольцевых нахлесточных и угловых соединений муфт с ремонтным участком трубы должно производиться с применением многослойных швов. Если необходимо обеспечить параметры сборки, можно выполнить прихватку кромок торцов муфты с поверхностью ремонтируемого участка трубы. Прихватки необходимо делать равномерно по всей длине стыка, длину прихваток следует брать 30...40 мм, при количестве прихваток – 3...4 штуки. Прихватки следует зачищать механическим способом. При обнаружении видимых дефектов на прихватках (пор, шлака, свищей и др.) их необходимо устранять шлифмашинкой. В случае обнаружения в прихватках недопустимых дефектов (трещин и надрывов) их полностью удаляют (срезают) шлифмашинкой и заваривают вновь.

Последовательность сварки угловых швов кольцевых нахлесточных соединений муфт с ремонтируемым участком трубы приведена на рис. 2.8. Такая последовательность позволяет снизить тепловложение в основной металл и исключить прожог стенки ремонтируемого участка трубы

Осуществляют сварку тремя (четырьмя) параллельными валиками по всему периметру, накладывая ниточные швы, которые должны иметь ширину до 1,5 диаметра сварочной проволоки. Необходимо обеспечивать заданную величину перекрытия валиков, составляющую 1,5...2,0 мм и глубину проплавления не больше 2,4 мм. Ширина наплавленных валиков должна быть не меньше 1,4 толщины стенки ремонтируемой трубы.

На следующем этапе производят наплавку второго слоя валиков. В ходе этого этапа следует обеспечить получение необходимого зазора для выполнения первого (корневого) слоя шва. Выполняют первый (корневой) слой шва. Далее выполняют сварку заполняющего и облицовочного слоев шва. При сварке всех слоев на угловых швах необходимо обеспечить соблюдение правила послойного смещения начала и конца сварки на расстояние от 25 до 30 мм.

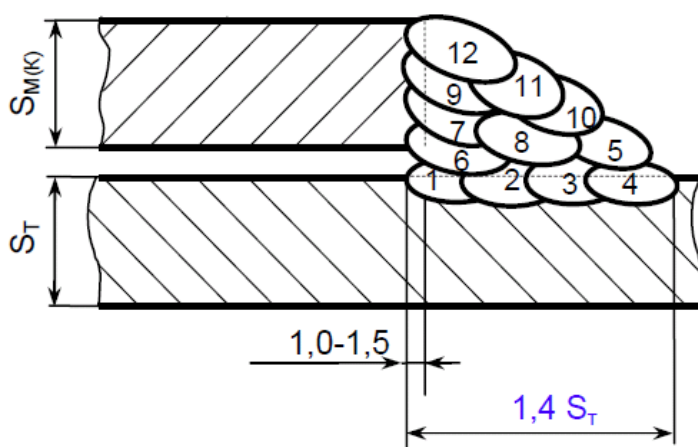


Рисунок 2.12 – Последовательность сварки кольцевых угловых швов муфт

Если при визуальном осмотре корневого слоя шва, заполняющих швов и облицовочного слоя на них обнаружены дефекты (поры, сетки пор, шлак и пр.), их необходимо устранить выборкой с использованием шлифмашинки. При сварке продольного стыка муфты перерыв в работе не допускается.

По окончании сварки необходимо накрыть швы теплоизолирующими поясами, что уменьшает скорость их охлаждения и предотвращает образование закалочных структур, имеющих высокую твердость.

3 ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

3.1 Технологическая характеристика объекта

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной дуговой сварки штучными электродами на механизированную сварку с защитных газах с импульсным управлением дуги. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение импульсных источников питания, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля [23, 24, 25]. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты сварщика и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок [26, 27].

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

Возможности влияния процесса ремонтной сварки на гигиенические характеристики изучены недостаточно. Поэтому в данном разделе выпускной квалификационной работы необходимо выполнить сравнительную

гигиеническую оценку плазменной наплавки и предложить методы защиты персонала от опасных и вредных производственных факторов.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологических операций и выполняемых работ при осуществлении технологии	Наименование должности работника, в обязанности которого входит выполнение данной технологической операции	Перечень оборудования, устройств и приспособлений, применяемых при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1. Подготовительная операция	Слесарь-сборщик	Кромкострогальный станок, машинка шлифовальная	СОЖ, абразивный круг
2. Сборочная операция	Слесарь-сборщик	Центратор типа ЦН	Сжатый воздух
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Подогреватель стыков индукционный	-
4. Осуществление сварки стыка на трубопроводе	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Источник питания сварочной дуги, центратор типа ЦН, сварочный полуавтомат	Проволока присадочная, электроды LB-62
5. Проведение зачистки сварного шва	Слесарь-сборщик	машинка шлифовальная, зубило, молоток	Абразивный круг
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	Дефектоскопист рентгенографирования	Аппарат рентгеновский	Плѐнка типа РП

3.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 3.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасных или вредных производственных факторов
1. Подготовительная операция	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Станок для проведения подготовки кромок, шлифмашинка
2. Сборочная операция	- острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наружный трубный центратор
3. Проведение предварительного подогрева собранного стыка труб	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Индукционный трубный подогреватель
4. Осуществление сварки стыка труб	- повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение в рабочей зоне уровня ультразвуковых волн; - повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Сварочный источник тока, наружный трубный центратор, сварочный полуавтомат

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3
5. Проведение зачистки сварного шва	- наличие острых кромок, заусенцев и шероховатостей на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Шлифмашинка, молоток, зубило
6. Проведение контроля качества сварных стыков труб	- повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Аппарат рентгеновского контроля

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

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

Перечень опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих проектную технологию	Перечень предлагаемых организационных мероприятий и технических средств, осуществляющих защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1. Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования;	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Перчатки, спецодежда.
2. Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Наносить предостерегающие надписи, выполнять соответствующую окраску, применять ограждения	-

Продолжение таблицы 3.3

1	2	3
3. Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа, разъясняющего работникам вопросы техники безопасности	Спецодежда, перчатки
4. Риск замыкания через тело человека электрической цепи, имеющей повышенное значение напряжения	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
5. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
6. Повышенное значение в рабочей зоне уровня инфракрасной радиации	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика
7. Повышенное значение в рабочей зоне уровня ионизирующего излучения	Осуществление экранирования зоны контроля с использованием щитов, удаление источника излучения от оператора и снижение времени пребывания в опасной зоне оператора	-

3.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 3.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

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

Таблица 3.5 - Выявление классов и опасных факторов возможного пожара

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

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

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

3.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого технологического объекта

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

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

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

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

3.6 Заключение по экологическому разделу

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

4 ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Исходные данные для проведения экономического расчёта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения ремонтной сварки на магистральных нефтепроводах. При выполнении базовой технологии сварки для ремонтной сварки нефтепровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектом варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

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

Таблица 4.1 – Исходные данные для проведения экономического расчёта

№	Наименование экономического показателя	Обозначение показателя	Единица измерения	Значение экономического показателя по вариантам технологии	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Общее количество рабочих смен	Ксм	-	2	2
2	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	21,5	21,5
3	Принимаемый разряд сварщика	Р.р.		V	V
4	Величина часовой тарифной ставки	Сч	Р/час	200	200
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд		1,88	1,88
7	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	34	34
8	Принятое значение размера амортизационных отчислений на площади	На.пл.	%	5	5
9	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Кт -з	%	5	5
10	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	3	5

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6
11	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования: - Invertex STT II - Полуавтомат LF-33 - Источник питания ВДУ-506 - Центратор инвентарный - Центратор разраб. ТГУ	Цоб	Руб.	- - 23000 17000 - 40000	270000 30000 - 20000 320000
12	Потребляемая мощность технологического оборудования	Муст	кВт	30	30
13	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цэ-э	Р/ кВт	1,75	1,75
14	Значение коэффициента, учитывающего выполнение нормы	Квн	-	1,1	1,1
15	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,7	0,85
16	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
17	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	-	1,5	1,5
18	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав	-	2,15	2,15
19	Значение коэффициента который учитывает производственной нормы	Кв		1,03	1,03
20	Время машинное	t _{МАШ}	мин	2,06	0,66
21	Стоимость электродов электродной проволоки углекислого газа	Цэл	руб/кг руб/кг руб/литр	300 - -	- 400 12

4.2 Вычисление фонда времени работы оборудования

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

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

где T_{CM} – принятая продолжительность смены;

D_P – общее количество рабочих дней в году;

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

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

C – общее количество смен.

Подставив в (4.1) заданные значения, получим:

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

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

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

где B – плановые потери рабочего времени.

Подставив в (4.2) заданные значения, получим:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Подставив в (4.3) заданные значения, получим:

$$t_{\text{шт.баз}} = 2,06(100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,5 \text{ ч}$$

$$t_{\text{шт.проектн.}} = 0,66(100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,8 \text{ ч}$$

Годовую программу объемов работ определяем расчётным путём:

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

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

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

Подставив в (4.4) необходимые значения, получим:

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

$$П_{\Gamma.\text{проектн.}} = 4108/0,8 = 5135 \text{ в год.}$$

Для проведения дальнейших экономических расчётов принимаем $П_{\Gamma} = 3000$ дефектов за год.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

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

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

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

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

$K_{\text{ВН}}$ – принятое значение коэффициента выполнения нормы.

Подставив в (4.5) необходимые значения, получим:

$$n_{\text{БАЗ} \times \text{А}} = \frac{2,5 \cdot 3000}{4108 \cdot 1,03} = 1,78$$

$$n_{\text{БАЗ} \times \text{П}} = \frac{0,8 \cdot 3000}{4108 \cdot 1,03} = 0,56$$

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

Расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

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

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

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

Подставив в (4.6) необходимые значения, получим:

$$K_{z\text{б}} = 1,78 / 2 = 0,89$$

$$K_{z\text{п}} = 0,56 / 1 = 0,56$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов технологии

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

$$M = \Pi_{\text{м}} \cdot N_{\text{р}} \cdot K_{\text{т-з}}, \quad (4.7)$$

где $\Pi_{\text{м}}$ – стоимость сварочных материалов;

$K_{\text{т-з}}$ – принятое значение коэффициента, учитывающего транспортно-заготовительные расходы.

При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и

дополнительным затратам времени на их устранение. Предложенный проектный вариант технологии предусматривает замену дуговой сварки штучными электродами на полуавтоматическую сварку сплошной проволокой в среде CO₂ с импульсным управлением сварочной дугой. Определение расходов на материалы выполняем исходя из описания технологии сварки.

$$M_{\text{баз.}} = 300 \cdot 0,6 \cdot 1,05 = 189,00 \text{ рублей}$$

$$M_{\text{проектн.}} = 400 \cdot 0,5 \cdot 1,05 + 60 \cdot 12 \cdot 0,2 \cdot 1,05 = 361,20 \text{ рублей}$$

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

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

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

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

Подставив в (4.8) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{осн.баз.}} = 2,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 940,0 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{осн.проектн.}} = 0,8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 300,8 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

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

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

Подставив в (4.9) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{доп.базов.}} = 940,0 \cdot 12 / 100 = 112,8 \text{ рублей};$$

$$З_{\text{доп.проектн.}} = 300,8 \cdot 12 / 100 = 36,1 \text{ рублей};$$

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

$$\text{ФЗП}_{\text{проектн.}} = 300,8 + 36,1 = 336,90 \text{ рублей.}$$

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

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}} / 100, \quad (4.10)$$

где $K_{\text{сн}}$ – значение коэффициента, который учитывает затраты отчисления на социальные нужды.

Подставив в (4.10) необходимые значения, получим:

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

$$O_{\text{сн проектн.}} = 336,90 \cdot 34 / 100 = 114,55 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{\text{об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{а}} \cdot t_{\text{маш}}}{F_{\text{э}} \cdot 100} \quad (4.12)$$

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

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

Подставив в (4.12) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{\text{га.а}} = \frac{2 \cdot 40000 \cdot 21,5 \cdot 2,5}{4108 \cdot 100} = 10,47 \text{ рублей}$$

$$\dot{A}_{\text{га.д}} = \frac{320000 \cdot 21,5 \cdot 0,8}{4108 \cdot 100} = 13,40 \text{ рублей}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

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

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

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

КПД – значение коэффициента полезного действия технологического оборудования.

Подставив в (4.13) необходимые значения, получим:

$$D_{\text{г-г}}^{\text{а}} = \frac{30 \cdot 0,5 \cdot 1,75}{0,7} = 37,50 \text{ рублей}$$

$$D_{\text{г-г}}^{\text{б}} = \frac{30 \cdot 0,3 \cdot 1,75}{0,85} = 18,53 \text{ рублей}$$

$$З_{\text{об.баз.}} = 10,47 + 37,50 = 47,97 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{об.проектн.}} = 13,40 + 18,53 = 31,93 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$З_{\text{пл}} = P_{\text{пл}} + A_{\text{пл}}, \quad (4.14)$$

где $P_{\text{пл}}$ – величина затрат на эксплуатацию и содержание производственных площадей;

$A_{\text{пл}}$ – амортизация площадей.

Величину затрат на содержание производственных площадей вычисляем на основании зависимости:

$$P_{\text{пл}} = \frac{C_{\text{экспл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}}}, \quad (4.15)$$

где $C_{\text{экспл}}$ – расходы на содержание площадей

S – площадь, занятая под оборудование.

Подставив в (4.15) необходимые значения, получим:

$$D_{\text{г-г}}^{\text{а}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108} = 9,81$$

$$D_{\text{г-г}}^{\text{б}} = \frac{2000 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108} = 4,08$$

Амортизацию площади вычисляем на основании формулы:

$$A_{\text{пл}} = \frac{\Pi_{\text{пл}} \cdot Na_{\text{пл}} \cdot S \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 100}, \quad (4.16)$$

где $На_{пл}$ – принятое значение нормы амортизации площади;

$Ц_{пл}$ – цена приобретения площадей

Подставив в (4.16) необходимые значения, получим:

$$\dot{A}_{\tilde{I} \tilde{E} \tilde{A}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 1,008}{4108 \cdot 100} = 0,73$$

$$\dot{A}_{\tilde{I} \tilde{E} \tilde{D}} = \frac{3000 \cdot 5 \cdot 20 \cdot 0,42}{4108 \cdot 100} = 0,32$$

$$З_{ПЛБаз.} = 9,81 + 0,73 = 10,54 \text{ руб.}$$

$$З_{ПЛПроектн.} = 4,08 + 0,32 = 4,40 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ТЕХ} = М + ФЗП + Осс + З_{ОБ} \quad (4.17)$$

Подставив в (4.17) необходимые значения, получим:

$$C_{ТЕХБаз.} = 189,00 + 1052,8 + 357,95 + 47,97 = 1647,72 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХПроектн.} = 361,20 + 336,90 + 114,55 + 31,93 = 844,58 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величину цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ЦЕХ} = C_{ТЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЦЕХ} \quad (4.18)$$

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

Подставив в (4.18) необходимые значения, получим:

$$C_{ЦЕХБаз.} = 1647,72 + 1,5 \cdot 940,0 = 1647,72 + 1410,0 = 3057,72 \text{ руб.,}$$

$$C_{ЦЕХПроектн.} = 844,58 + 1,5 \cdot 300,8 = 844,58 + 451,2 = 1295,78 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + З_{ОСН} \cdot K_{ЗАВ} \quad (4.19)$$

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

Подставив в (4.19) необходимые значения, получим:

$$C_{ЗАВБаз.} = 3057,72 + 1,15 \cdot 940,0 = 3057,72 + 1081 = 4138,72 \text{ руб.,}$$

$$C_{ЗАВПроектн.} = 1295,78 + 1,15 \cdot 300,8 = 1295,78 + 345,92 = 1641,70 \text{ руб.}$$

4.5 Калькуляция заводской себестоимости сварки по базовому и проектному варианту технологии

Таблица 4.2 – Заводская себестоимость сварки

№ п/п	ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. · обозн.	Калькуляция., руб	
			Базовый	Проектн.
1	Материалы	М	189,00	361,20
2	Фонд заработной платы	ФЗП	1052,8	336,90
3	Отчисления на соц. нужды	О _{сн}	357,95	114,55
4	Затраты на оборудование	Зоб	47,97	31,93
	Себестоимость технологич.	Стех	1647,72	844,58
6	Расходы цеховые	Рцех	1410,0	451,2
	Себестоимость цеховая	Сцех	3057,72	1295,78
7	Расходы заводские	Рзав	1081	345,92
	Себестоимость заводская	С _{зав}	4138,72	1641,70

4.6 Определение капитальных затрат по базовому и проектному вариантам технологии сварки

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

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ОББ}} = n \cdot Ц_{\text{ОБ.Б.}} \cdot K_{\text{З.Б.}}, \quad (4.20)$$

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

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

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

$$Ц_{\text{ОБ.Б.}} = Ц_{\text{ПЕРВ.}} - (Ц_{\text{ПЕРВ.}} \cdot T_{\text{СЛ}} \cdot H_A / 100), \quad (4.21)$$

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

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

N_A – принятое значение нормы амортизации технологического оборудования (%).

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

$$\Pi_{\text{ОБ.Баз.}} = 40000.- (40000 \cdot 3 \cdot 21,5/100) = 14200 \text{ рублей}$$

$$K_{\text{ОБЩБаз.}} = 2 \cdot 14200 \cdot 0,89 = 25276 \text{ рублей}$$

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

$$, K_{\text{ОБЩПР}} = K_{\text{ОБПР}} + K_{\text{ПЛПР}} + K_{\text{СОППР}} \quad (4.22)$$

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

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

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

$$K_{\text{ОБПроектно}} = \Pi_{\text{ОБПР}} \cdot K_{\text{Т-З}} \cdot K_{\text{ЗБ}} \quad (4.23)$$

Подставив в (4.23) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ОБПроектн.}} = 320000 \cdot 1,05 \cdot 0,56 = 188160 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = K_{\text{ДЕМ}} + K_{\text{МОНТ}} \quad (4.24)$$

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

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

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Pi_{\text{Б}} \cdot K_{\text{ДЕМ}} \quad (4.25)$$

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

Подставив в (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДЕМ}} = 2 \cdot 40000 \cdot 0,05 = 4000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{МОНТ}} = \Pi_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{МОНТ}}, \quad (4.26)$$

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

Подставив в (4.24) и (4.25) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{МОНТ}} = 320000 \cdot 0,05 = 16000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{СОП}} = 4000 + 16000 = 20000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩПроектн.}} = 188160 + 20000 = 208120 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины дополнительных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{ДОП}} = K_{\text{ОБЩПР}} - K_{\text{ОБЩБ}}. \quad (4.27)$$

Подставив в (4.27) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{ДОП}} = 208120 - 25276 = 182844 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\text{Г}}}, \quad (4.28)$$

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

Подставив в (4.28) необходимые значения, получим:

$$K_{\text{удБаз.}} = 25276/3000 = 8,43 \text{ руб./ед.}$$

$$K_{\text{удДПроектн.}} = 208120/3000 = 69,37 \text{ руб./ед.}$$

4.7 Расчёт показателей экономической эффективности проектного варианта технологии

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{\text{ШГ}} = \frac{t_{\text{ШГБ}} - t_{\text{ШГПР}}}{t_{\text{ШГБ}}} \cdot 100\% \quad (4.29)$$

Подставив в (4.29) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\partial\partial} = \frac{2,5 - 0,8}{2,5} \cdot 100\% = 68\%$$

Величину показателя повышения производительности труда определим по формуле:

$$П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (4.30)$$

Подставив в (4.30) необходимые значения, получим:

$$\ddot{I}_{\partial} = \frac{100 \cdot 68}{100 - 68} = 212,5\%$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{C_{\text{ТЕХБ}} - C_{\text{ТЕХПР}}}{C_{\text{ТЕХБ}}} \cdot 100\% \quad (4.31)$$

Подставив в (4.31) необходимые значения, получим:

$$\Delta \tilde{N}_{\partial\partial} = \frac{1647,72 - 844,58}{1647,72} \cdot 100\% = 48,7\%$$

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

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (C_{\text{ЗАВБ}} - C_{\text{ЗАВПР}}) \cdot П_T \quad (4.32)$$

Подставив в (4.32) необходимые значения, получим:

$$\mathcal{E}_{\text{У.Г.}} = (4138,72 - 1641,70) \cdot 3000 = 7491060 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{ДОП}}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}} \quad (4.33)$$

Подставив в (4.33) необходимые значения, получим:

$$\dot{O}_{\dot{I}\dot{E}} = \frac{182844}{7491060} = 0,03$$

Размер годового экономического эффекта в сфере производства определим по формуле:

$$\text{Эг} = \text{Эуг} - \text{Ен} \cdot \text{Кдоп} \quad (4.34)$$

Подставив в (4.34) необходимые значения, получим:

$$\text{Эг} = 7491060 - 0,33 \cdot = 7430721 \text{ рублей.}$$

4.8 Выводы по экономическому разделу

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

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 68 %, увеличение производительности труда на 212,5 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 48,7 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 7,5 млн. рублей.

Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 7,4 млн рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,53 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

Поставленная в выпускной квалификационной работе цель – повышение производительности и качества проведения ремонтной сварки на магистральных нефтепроводах.

При выполнении базовой технологии сварки для ремонтной сварки нефтепровода предусматривается ручная дуговая сварка штучными электродами, что приводит к получению значительного числа дефектов и дополнительным затратам времени на их устранение. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на полуавтоматическую сварку проволокой сплошного сечения в среде CO_2 с импульсным управлением сварочной дугой. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

На основании анализа научной информации был произведён анализ способов повышения эффективности механизированной сварки в углекислом газе. Предложено применить источник питания с управляемым каплепереносом производства ООО «Технотрон» (Россия).

В работе предусмотрены мероприятия по обеспечению безопасности труда персонала.

Внедрение проектной технологии сварки в производство приводит к уменьшению трудоемкости на 68 %, повышению производительности труда на 212,5 %, снижению технологической себестоимости на 48,7%. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 7,4 млн рублей.

Вышеизложенное свидетельствует о факте достижения поставленной цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мазур, И.И. Конструктивная надёжность и экологическая безопасность трубопроводов / И.И. Мазур, О.М. Иванцов, О.И. Молдованов. – М.: Недра, 1990. – 264 с.
2. Трещиностойкость металла труб нефтепроводов / А.Г. Гумеров [и др.]. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2001. – 231 с.
3. Липский, В.К. Методика восстановительной термической обработки магистральных трубопроводов, основанная на неразрушающей оценке фактического уровня механических свойств металла / В.К. Липский, А.Н. Янушонок, А.С. Снарский // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2006. – № 12. – С. 93 – 96.
4. Семенов, С.Е. Экспериментальная оценка состояния металла длительно работающих сварных нефтепроводов / С.Е. Семенов, А.А. Рыбаков, В.И. Кирьян [и др.] // Автоматическая сварка. – 2001. – № 5. – С. 18–22.
5. Шлепаков, В.Н. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки / В.Н. Шлепаков, А.С. Котельчук, С.М. Наумейко, А.В. Билинец // Автоматическая сварка. – 2005. – № 6. – С. 18–22.
6. Пентегов, И.В. Метод определения температуры проволоки на выходе из мундштука при механизированной сварке в защитных газах / И.В. Пентегов, О.И. Петриенко // Автоматическая сварка. – 2005. – № 10. – С. 25–28.
7. Юхимец, П.С. Продление ресурса трубопровода с дефектами на внутренней поверхности / П.С. Юхимец, С.В. Кобельский, В.И. Кравченко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2006. – № 3. – С. 40–42.
8. Махненко, В.И. Выбор технологий устранения дефектов в магистральном трубопроводе без вывода его из эксплуатации /

В.И. Махненко, Е.А. Великоиваненко, О.И. Олейник // Автоматическая сварка. – 2008. – № 6. – С. 12–18.

9. Реальные возможности безредукторных механизмов импульсной подачи электродной проволоки / В.А. Лебедев, С.П. Ковешников, Б.Г. Светников, С.И. Полосков // Вопросы атомной науки и техники. Сер.: Ядерная техника и технология. - 1989, Вып. 4. - С. 46-48.

10. Гецкин, О.Б. Разработка алгоритма управления переносом электродного металла при сварке в защитных газах и его реализация в многофункциональном сварочном источнике: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. – Чеюоксары: НПП «Технотрон». – 2010.

11. Походня, И. К. Сварка порошковой проволокой и перспективы ее развития / И. К. Походня // Сварочное производство. – 1967. – № 11. – С. 43–45.

12. Зайнуллин Р.С., Воробьев В.А., Александров А.А. Повышение безопасности нефтепродуктопроводов ремонтными муфтами / Под ред. Р.С. Зайнуллина – Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ. – 2005 – 119 с.

13. Сараев Ю.Н. Управление переносом электродного металла при дуговой сварке с короткими замыканиями дугового промежутка // Автоматическая сварка. – 1988. – № 12. – С. 16–23.

14. Квасов Ф.В. Особенности механизированной сварки с управляемым переносом электродного металла //Сварочное производство. 1999. № 8. С. 27–31.

15. Сараев Ю.Н., Безбородов В.П., Полетика И.М., Тютев А.В., Никонова И.В., Кирилова Н.В., Севастьянов С.П. Улучшение структуры и свойств сварных соединений труб большого диаметра из низколегированной стали при импульсно-дуговой сварке//Автоматическая сварка. – 2004. – № 12. – С. 34–38.

16. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

17. Потапьевский, А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. Часть 1. Сварка в активных газах. Издание 2-е, переработанное. К.: «Екотехнологія», 2007. – 192 с.
18. Потапьевский, А.Г. Сварка сталей в защитных газах плавящимся электродом. Техника и технология будущего: монография / А.Г. Потапьевский, Ю.Н. Сараев, Д.А. Чинахов. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. – 208 с.
19. Патон, Б.Е. Применение защитных газов в варочном производстве / Б.Е. Патон, С.Т. Римский, В.И. Галинич // Автоматическая сварка. – 2014. – № 6–7. – С. 17–24.
20. А. с. 448106 СССР, В 23 к 35/38. Защитная газовая смесь / Б.Е. Патон, А.В. Кирсанов, В.В. Подгаецкий и др. – Приор. 26.06.72. Опубл. 30.10.74; Бюл. № 40.
21. Лебедев, В.А. Современные механизмы подачи электродной проволоки в аппаратах для механизированной сварки, наплавки и резки / В.А. Лебедев, С.И. Притула // Автоматическая сварка. – 2006. – № 4. – С. 53–56.
22. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие / Л. Н. Горина. – Тольятти: ТолПИ, 2000. – 68 с.
23. Головатюк, А.П. Интенсивность образования аэрозолей при ручной сварке модулированным током / А.П. Головатюк, В.С. Сидорук, О.Г. Левченко и др. // Автоматическая сварка. – 1985. – № 2. – С. 39–40.
24. Левченко, О.Г. Образование аэрозолей при сварке в CO₂ модулированным током // Автоматическая сварка. – 2000. – № 8. – С. 48–50.
25. Harvey R. Castner. Gas metal arc welding using pulsed fume generation current. WELDING RESEARCH SUPPLEMENT. – February, 1995. – P. 59–68.
26. Winifred G. Palmer, James C. Eaton. Effects of welding on health, XIII // American Welding Society. – 2007. – International Standard Book Number: 978-0-87171-067-3.

27. James M. Antonini. Health effects of welding // Critical reviews in toxicology. – 2003. – 33(1). – P. 61–103.

28. Лебедев, В.А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями / В.А. Лебедев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 19–22.

29. Краснопевцева, И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания / И. В. Краснопевцева – Тольятти: ТГУ, 2008. – 38 с.

30. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста: учебно-методическое пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, - 135с.