

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 Технология механизированной сварки магистральных
нефтепроводов

Студент

И.А. Якимов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.т.н., доцент О.М. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2021

Аннотация

Цель выпускной квалификационной работы – снижение трудоемкости при сварке магистральных нефтепроводов.

Чтобы реализовать поставленную цель в выпускной квалификационной работе выполнены следующие задачи:

- разработаны рекомендации по совершенствованию технологического процесса сварки;
- разработан процесс механизированной сварки;
- выбрано оборудование для осуществления предлагаемого технологического процесса; разработаны мероприятия по защите рабочих, выполняющих сварку от вредных и опасных факторов технологии;
- выполнены необходимые расчеты по экономическому обоснованию.

Проектный вариант технологии предполагает использование механизированной сварки на операции выполнения сварных соединений магистральных нефтепроводов. Механизация способа сварки позволяет повысить производительность выполнения сварочных работ.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 11824 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка содержит 52 листа, включая 13 рисунков и 11 таблиц. Графическая часть содержит 3 листа формата А1 и 2 листа формата А0.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Магистральные нефтепроводы.....	6
1.2 Базовый технологический процесс сварки.....	8
1.3 Анализ возможных способов сварки нефтепровода.....	13
1.4 Задачи выпускной квалификационной работы.....	14
2 Технологический процесс механизированной сварки труб.....	15
2.1 Выбор способа сварки.....	15
2.2 Разработка механизированного процесса сварки.....	19
Марка проволоки.....	22
Марка проволоки.....	24
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса.....	25
3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса.....	25
3.1 Технологическая характеристика объекта.....	25
3.2 Идентификация профессиональных рисков.....	26
3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	28
3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	29
3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	31
4 Оценка экономической эффективности проектной технологии.....	33
4.1 Исходная информация для выполнения экономической.....	33
оценки предлагаемых технических решений.....	33
4.2 Расчёт фонда времени работы оборудования.....	35
4.3 Расчёт штучного времени.....	36
4.4 Расчет заводская себестоимости вариантов технологии.....	38
4.5 Расчет капитальных затрат по вариантам технологии.....	43
4.6 Расчет показателей экономической эффективности.....	45
Заключение.....	49
Список используемой литературы и используемых источников.....	50

Введение

Как правило, месторождения полезных ископаемых и промышленные предприятия, использующие в своем производственном цикле полезные ископаемые пространственно разделены. Наиболее экономичный вариант транспортного средства для доставки к месту назначения жидких углеводородов это трубопроводы. Однако при монтаже и сварке магистральных трубопроводов у специалистов в области сварочного производства возникает ряд трудностей.

При сварке магистральных нефтепроводов ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РСДПЭ) по прежнему удерживает лидирующие позиции. Дело в том, что она обладает такими достоинствами, как низкая стоимость и мобильность оборудования, низкая трудоемкость вспомогательных операций. По сравнению с другими способами есть возможность сварки в труднодоступных местах и в разных пространственных положениях. Кроме того, есть преимущества, обеспечиваемые самой физикой процесса. Покрытие на электродном стержне обеспечивает ряд технологических функций. Вводимые в покрытия компоненты могут обеспечивать легирование сварочной ванны в нужном направлении. Компоненты покрытий облегчают зажигание сварочной дуги и ее устойчивое горение, обеспечивают защиту сварочной ванны от кислорода и азота воздуха. Широкая номенклатура выпускаемых промышленностью электродов позволяет выполнять сварные соединения для широкого спектра конструкционных материалов, начиная от легированных сталей и заканчивая цветными металлами.

Конечно, следует помнить и о недостатках. Главный из них – затраты времени на замену израсходованного электрода. Помимо затрат времени прерывание цикла сварки чревато появлением дефектов сварного шва. Кроме того, сварщик при выполнении соединения вручную, в соответствии со своим опытом и практическими навыками управляет процессом.

В частности при получении сварного соединения способом РДСПЭ рабочему приходится выполнять движение электродом в трех направлениях. Первое направление – вдоль оси стержня электрода. Второе - вдоль оси шва, по сути оно определяет скорость сварки. Третье – поперек шва. Выполняя движения электродом в данном направлении рабочий обеспечивает качественный провар кромок соединяемых деталей.

Необходимость управления и контроля множества параметров процесса требует высокой квалификации сварщика, приводит к быстрой его утомляемости.

У РДСПЭ есть еще такой недостаток, как химическая неоднородность сварного шва. Обусловлено это следующими причинами. Начинается процесс сварки, когда температура покрытия, примерно, равна температуре окружающей среды. В процессе получения сварного соединения в начале процесса электродное покрытие находится под одной температурой. По мере израсходования электрода из-за прохождения сварочного тока покрытие нагревается. Его характеристики меняются. Кроме того, любое отклонение от установившегося процесса сварки также приводит к появлению химической неоднородности в сварных швах.

На основании вышеизложенного следует признать актуальной целью выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества при сварке магистрального нефтепровода.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Магистральные нефтепроводы

Фрагмент свариваемого нефтепровода показан на рисунке 1. Геометрические параметры соединяемых труб характеризуются значительным разнообразием. Так номинальный наружный диаметр таких труб варьируется в пределах от 114 мм до 1420 мм.

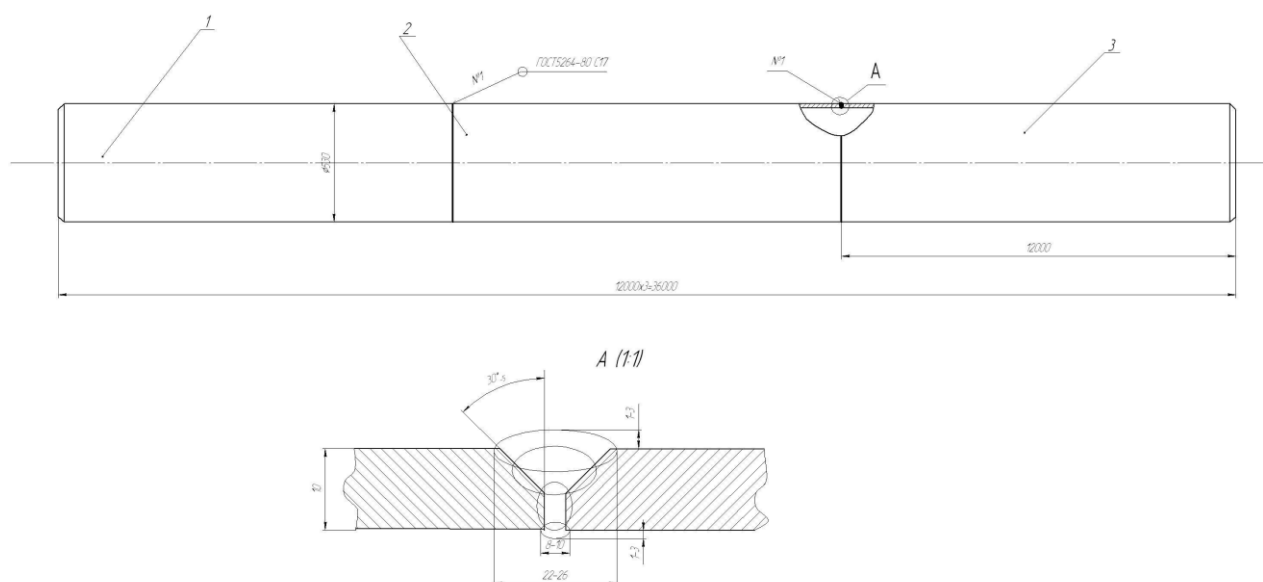


Рисунок 1 – Общий вид свариваемого трубопровода

Толщина стенок для максимального диаметра трубы составляет от 14 до 40 мм. Для минимального диаметра трубы составляет от 8 до 21 мм. Выбор конкретного диаметра и толщины стенки трубопровода зависит от его требуемой пропускной способности и давления перекачиваемого продукта.

Также значительно варьируется химический состав сталей для магистральных нефтепроводов. Все зависит от производителя. Мы сотрудничаем с АО «Северский трубный завод», Челябинский трубопрокатный завод и ПАО «Северсталь». Так трубы выпускаемые Челябинским трубопрокатным заводом относятся к системе легирования С–Mn–Nb–Ni и характеризуются следующим химическим составом, таблица 1.

Таблица 1 – Химический состав в % труб производства ЧПТЗ, Fe остальное

C	Si	Mn	Al	Ti	Nb	V	Mo	Cr	Ni
0,06	0,21	1,76	0,03	0,022	0,07	0,006	0,003	0,03	0,37

Трубы, выпускаемые ПАО «Северсталь» относятся к системе легирования C–Mn–V–Mo–Nb и характеризуются следующим химическим составом, таблица 2.

Таблица 2 – Химический состав в % труб производства ПАО «Северсталь», Fe остальное

C	Si	Mn	Al	Ti	Nb	V	Mo	Cr	Ni
0,061	0,19	1,76	0,023	0,019	0,064	0,027	0,24	0,076	0,25

Трубы, выпускаемые АО «Северский трубный завод», относятся к системе легирования C–Mn–V–Mo–Nb и характеризуются следующим химическим составом, таблица 3.

Таблица 3 – Химический состав в % труб производства АО «Северский трубный завод», Fe остальное

C	Si	Mn	Al	Ti	Nb	V	Mo	Cr	Ni
0,05	0,33	1,73	0,033	0,013	0,056	0,001	0,002	0,17	0,012

Оценку свариваемости приведенных в таблицах сталей можно выполнить рассчитав эквивалент углерода. В настоящее время насчитывается более десятка моделей расчета Сэкв. Каждый исследователь применяет их по своему усмотрению. Однако, с нашей точки зрения, надо придерживаться руководящих материалов. В ГОСТ 27772-88 «Прокат для строительных стальных конструкций» и в ГОСТ 192811-89 «Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия» предложено:

$$\text{Сэкв} = \text{C} + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Cr}/5 + \text{Ni}/40 + \text{Cu}/13 + \text{V}/14 + \text{P}/2. \quad (1)$$

Если рассматривать содержание химических элементов, см. табл. 1, 2, 3 то применяемые стали обладают хорошей свариваемостью..

1.2 Базовый технологический процесс сварки

Предварительно, перед получением сварного соединения должен быть выполнен комплекс подготовительных работ.

Выполняются операции входного контроля. Специалист, выполняющий входной контроль должен соответствовать определенным требованиям. У него должны быть соответствующие квалификационные документы и полномочия. Должны быть обеспечены условия для проведения визуально-измерительных операций входного контроля. Обеспечена возможность подхода к месту контроля, обеспечен уровень освещения не менее 500 Лк. Иногда могут понадобиться вышки, люльки и прочее оборудование. По результатам входного контроля ведется журнал.

Выполняется входной контроль трубы, деталей нефтепровода, арматуры и сварочных материалов. При проведении входного контроля производится проверка марки стали, наличие поверхностных дефектов на трубах, геометрические параметры труб, параметры кромок, разделанных под сварку.

Если толщина стенки трубы составляет менее 15 мм, разделанные под сварку кромки должны соответствовать следующим геометрическим требованиям, рисунок 2. Если толщина стенки трубы составляет более 15 мм, разделанные под сварку кромки должны соответствовать следующим геометрическим требованиям, рисунок 3.

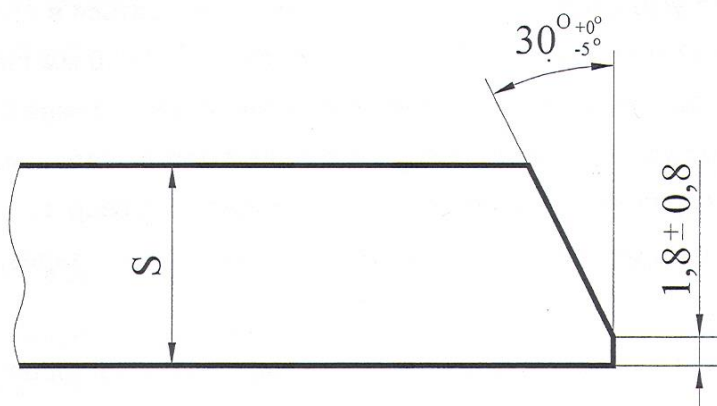


Рисунок 2 – Разделка кромок под сварку при толщине стенки менее 15 мм

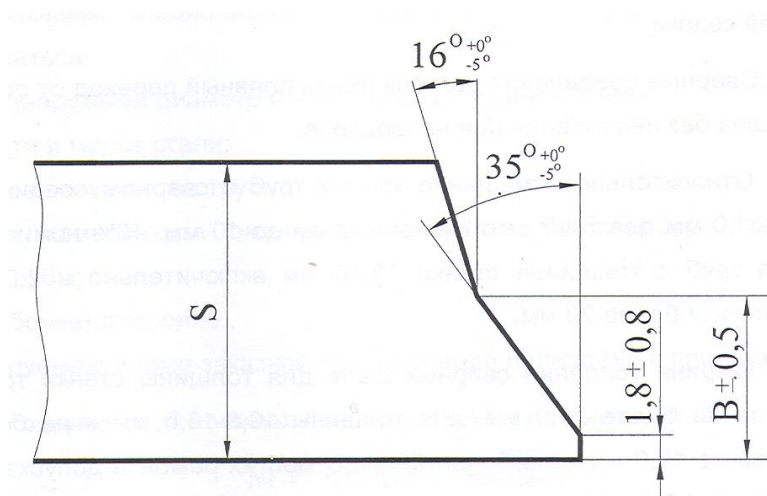


Рисунок 3 – Разделка кромок под сварку при толщине стенки более 15 мм

Величина размера B на рисунке 3 составляет: $B = 9$ при толщине стенки от 15 до 19 мм; $B = 10$ при толщине стенки от 19 до 21,5 мм; $B = 12$ при толщине стенки от 21,5 до 32 мм.

Если с трубами, деталями, арматурой все в порядке, оформляется акт приемки, если она не соответствует требованиям – оформляется дефектная ведомость.

Помимо входного контроля металлоконструкций производится входной контроль сварочных материалов. Контролируется флюс, защитный газ, электроды, сварочная проволока.

Перед сборкой трубопровода выполняется очистка труб изнутри от снега, грунта и прочих загрязнений. Удаляются шлифованием риски и царапины глубиной до 5% от толщины стенки. Если размер дефекта превышает 5% толщины, выполняется ремонт сваркой. Электроды применяют с основным покрытием, типа Э50А или Э60. Если для ремонта поверхности применялась сварка, следует зачистить по окончании сварки шлифованием абразивным инструментом или шлифовальным кругом.

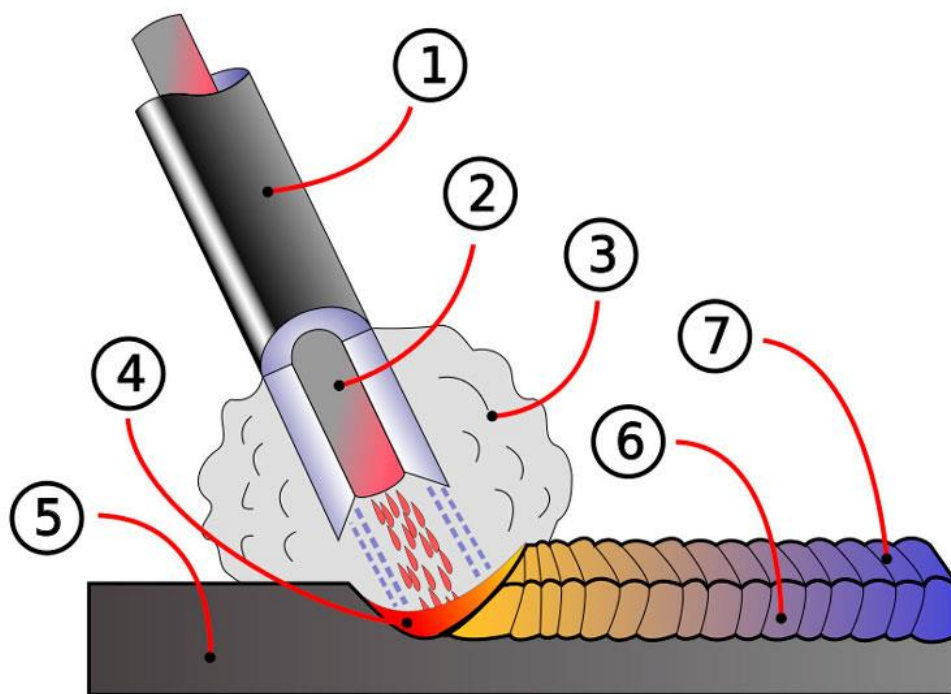
Затем после выполнения указанных операций следует операция сборки. Для труб диаметром свыше 426 мм применяется внутренний центратор. При сборке выполненные на заводе сварные швы смещают на расстояние до

диаметра трубопровода до 530 мм на 75 мм, при больших диаметрах трубопровода на 100 мм.

Собранные стыки предварительно подогревают. Продолжительность подогрева и температура определяются конкретными погодными условиями а также геометрическими параметрами труб. Если толщина стенки трубы превышает 22 мм то применяется только индукционный подогрев.

После выполнения всех перечисленных подготовительных процедур начинается непосредственно сварка. Схема наиболее часто применяемого процесса получения сварных соединений нефтепроводов методами РДСПЭ представлена на рисунке 4.

При РДСПЭ источником нагрева является сварочная дуга. Сварочная дуга является мощным концентрированным источником тепла [1]. Сварочной дугой называется длительный мощный высокоамперный самостоятельный



1 – покрытие электрода; 2 – стержень электрода; 3 – защитная газовая атмосфера; 4 – сварочная ванна; 5 – свариваемое изделие; 6 – сварной шов; 7 – застывший шлак.

Рисунок 4 – Схема процесса РДСПЭ

стационарный электрический разряд, существующий в плазме между электродом и свариваемым металлом или между электродами. Для случая РДСПЭ между электродом и свариваемым металлом.

Сущность процесса РДСПЭ заключается в следующем. Предварительно выполняется подготовка к проведению процесса сварки. Подключается свариваемое изделие и штучный электрод к источнику питания сварочной дуги. Свариваемое изделие готовят к проведению процесса, зачищают кромки, удаляют загрязнения. Затем выполняется возбуждение сварочной дуги. На практике используют два способа возбуждения дуги. Сварщик кратковременно прикасается электродом к поверхности свариваемого металла и быстро отводит электрод на расстояние 3-4 мм. Второй способ напоминает зажигание спички. Быстрым боковым движением следует прикоснуться к поверхности свариваемого металла и отвести электрод на расстояние 3-4 мм [2].

Оба способа основаны на явлении короткого замыкания. В месте контакта электрода и свариваемого металла образуется катодное пятно, температура которого столь высока, что оно способно к электронной эмиссии (т.е. испусканию электронов). Эмитированные катодным пятном электроны сталкиваясь с нейтральными молекулами приводят к появлению ионов. В результате возникают носители электричества, создаются условия для возникновения сварочной дуги.

Полная тепловая мощность Q (Дж/с) сварочной дуги определяется по формуле:

$$Q = K_M \cdot I_{св} \cdot U_D \quad (2)$$

где K_M - коэффициент мощности (для постоянного тока $K_M = 1$; для переменного тока $K_M = 0,8-0,95$); $I_{св}$ – средняя сила тока в сварочной цепи, А; U_D – среднее напряжение дуги, В.

Выделяющаяся мощность расходуется на нагрев и плавление электродного и основного металлов, а также электродного покрытия или флюса, часть энергии рассеивается в окружающую среду.

Сварка стыков возможна электродами как с основным видом покрытия так и целлюлозным.

При сварке стыков работают два сварщика. Дугу они зажигают или на разделке кромок, или на уже выполненных участках шва. Если необходимо прервать сварку, то стык закрывают теплоизолирующим поясом. После возобновления работ по сварке предварительно замеряют температуру стыка, и при необходимости подогревают.

Каждый выполненный слой зачищается от брызг и шлака.

Режимы сварки слоев приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы сварки стыков

Слой шва	Род тока (полярность)	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Диаметр электрода, Мм
Корневой	Постоянный (обратная)	120-140	20-21	3
Заполняющий	Постоянный (обратная)	190-210	20-21	4
Облицовочный	Постоянный (обратная)	190-230	22-24	4

По окончании сварки выполняется контроль полученного соединения. Качество сборочно-сварочных работ контролируется следующими методами неразрушающего контроля: визуально-измерительный контроль сварного шва и обмер сварных соединений (контроль геометрических размеров сварного шва и соединения, качества зачистки сварных швов и поверхностей трубопровода от шлака и брызг металла, наличия недопустимых внешних дефектов сварного шва и околошовной зоны, прожогов, механических повреждений, недопустимых деформаций.

Ультразвуковой контроль сварных швов выполняется согласно требований ГОСТ 14782-86; радиографический контроль сварных швов выполняется согласно требований ГОСТ 7512-82.

Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны

шва) должны быть очищены от шлака брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Выявленные при визуальном и измерительном контроле дефекты, которые могут быть исправлены (удалены) без последующей заварки выборок, должны быть исправлены до проведения контроля другими методами.

1.3 Анализ возможных способов сварки нефтепровода

Если рассмотреть классификацию способов сварки согласно ГОСТ 19521-74 «Сварка металлов. Классификация», сварка классифицируется по группам признаков на физические, технические и технологические. По физическим группам признаков сварка подразделяется на классы: термический, термомеханический и механический. Если рассмотреть термический класс сварки, то он может быть реализован посредством таких видов сварки как: дуговая, электрошлаковая, электронно-лучевая, плазменно-лучевая, ионно-лучевая, тлеющим разрядом, световая, индукционная, газовая, термитная, литейная [24].

Однако не все перечисленные виды могут быть применены к сварке стыков нефтепровода. Например, для варианта электрошлаковой сварки не подходят толщины и пространственное положение сварного шва. Для реализации варианта электронно-лучевой сварки необходима вакуумная камера. Наиболее подходящим вариантом сварки является дуговая. Однако ее реализация способом РДСПЭ характеризуется таким важным недостатком как низкая производительность и тяжелые условия труда сварщика.

В настоящее время применяются при сварке трубопровода электродуговая сварка. Для повышения производительности способа применяются разные методы его механизации и автоматизации.

1.4 Задачи выпускной квалификационной работы

Анализ базового технологического процесса сварки нефтепровода показал, что у него есть минусы. Главный из которых - высокая трудоемкость из-за низкой степени механизации и автоматизации процесса сварки РСДПЭ. Таким образом, для достижения поставленной в проекте цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать рекомендации по совершенствованию технологического процесса сварки.
- разработать процесс механизированной сварки.
- выбрать оборудование для осуществления предлагаемого технологического процесса;
- разработать мероприятия по защите рабочих, выполняющих сварку от вредных и опасных факторов технологии;
- выполнить необходимые расчеты по экономическому обоснованию.

2 Технологический процесс механизированной сварки труб

2.1 Выбор способа сварки

Возможны различные варианты автоматизации и механизации работ по сварке стыков магистральных нефтепроводов. Один из вариантов применение автоматической сварки под флюсом для укрупнения труб.

Двухстороннюю автоматическую сварку под флюсом поворотных стыков труб диаметром 1020-1220 мм выполняют на трубосварочных базах типа БТС, обеспечивающих полную механизацию сборочно-сварочных и транспортных операций в процессе изготовления трубных секций и гарантирующих сохранность наружной изоляции труб.

При подготовке производится механическая обработка торцов труб станками типа СПК, входящими в состав оборудования трубосварочной базы. Разделка кромок трубы должна быть следующая, рисунок 5.

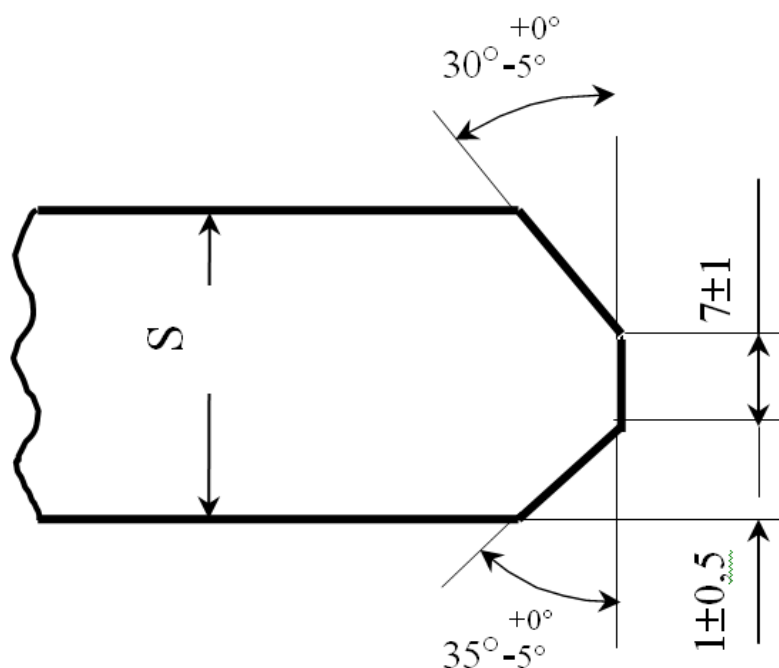


Рисунок 5 – Форма разделки кромок при сварке под флюсом

Недостатки данного способа автоматизации заключаются в том, что часть швов приходится выполнять в полевых условиях сваркой РСДПЭ, сама

трубосварочная база недешева, требуется

Сварочный комплекс обеспечивающий двухстороннюю автоматическую сварку «CRC-Evans AW» в полевых условиях предназначен для получения стыков труб диаметром 610-1220 мм, рисунок 6.



Рисунок 6 – Сварочный комплекс CRC-Evans

В сварочном комплексе применяется способ сварки электродной проволокой сплошного сечения в среде защитных газов. Конструкция и состав оборудования позволяют выполнять полностью автоматическую сварку труб. Это достигается за счет применения сварочных головок оригинальной конструкции, например головка П200 рисунок 7.

Преимущества комплекса:

- повышение производительности сварки за счет использования узкой разделки;
- компенсация неточностей сборки за счет применения процесса двухсторонней сварки;
- высокую производительность сборки стыка за счет использования быстродействующего пневматического центриатора.

Сварочный комплекс «CRC-Evans AW» производит сварку корневого слоя шва изнутри трубы с помощью многоголовочного сварочного автомата, совмещенного с внутренним сварочным центриатором. Это значительно

повышает качество сварки, особенно при сборке труб со смещениями, и сокращает время сварки.

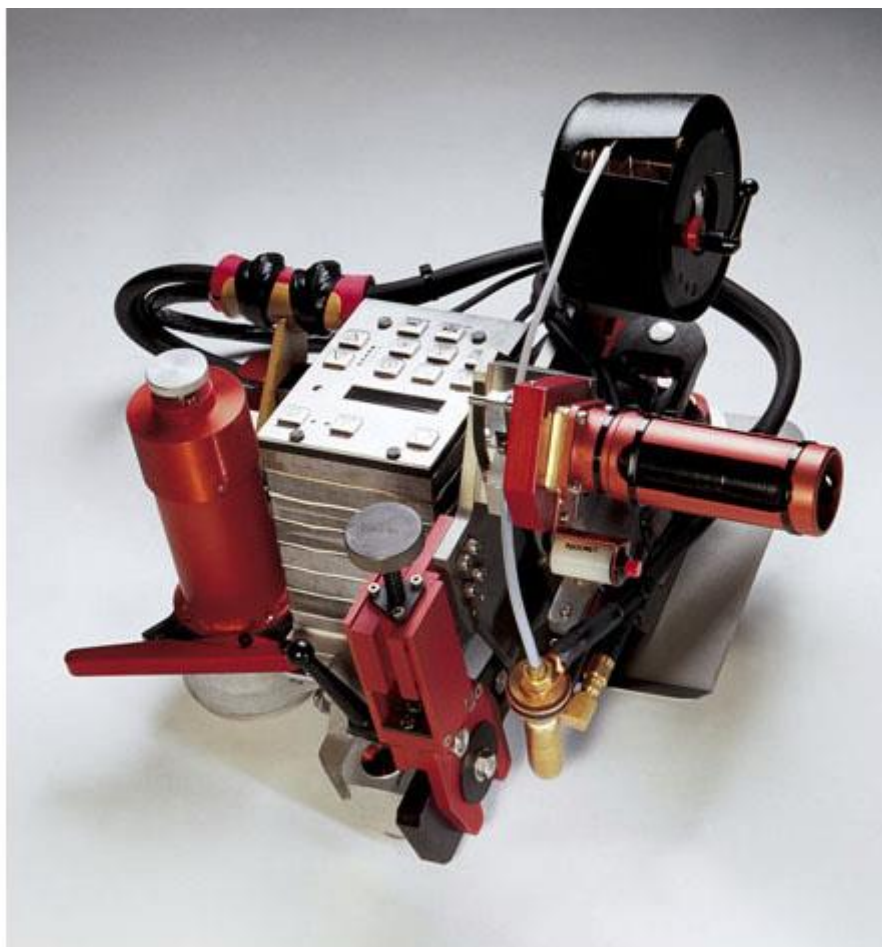


Рисунок 7 – Сварочная головка P200

Одностороннюю автоматическую сварку можно реализовать на комплексе «Saturnax» фирмы «Serimer Dasa». Сварка ведется в защитных газах проволокой сплошного сечения. Диаметр труб составляет 325-1220 мм. При сварке корневого слоя необходимо применение медной технологической подкладки.

Также односторонняя сварка выполняется на автоматическом комплексе PWT CWS.02 фирмы «Pipe Welding Technology». Однако здесь возможны варианты как сварки в защитных газах так и предназначено для односторонней автоматической сварки в защитных газах проволокой

сплошного сечения так и порошковой проволокой. Диаметр труб составляет 426-1220 мм.

При сварке корневого слоя необходимо применение медной технологической подкладки.

Перечисленные системы автоматической сварки обладают высокой производительностью, но стоимость их высока и для обслуживания нужен высококвалифицированный персонал.

Вместе с тем устранить два таких недостатка способа РДСПЭ как достаточно частая замена израсходованного электрода и выполнять движение электродом вдоль оси стержня электрода можно применив механизированную сварку. Схема процесса показана на рисунке 8.

Электродную проволоку выбирают исходя из условий работы детали. Чаще всего это проволоки с повышенным содержанием марганца и кремния [26]. Это нужно для обеспечения одинакового химического состава наплавленного валика сварного шва и основного металла.

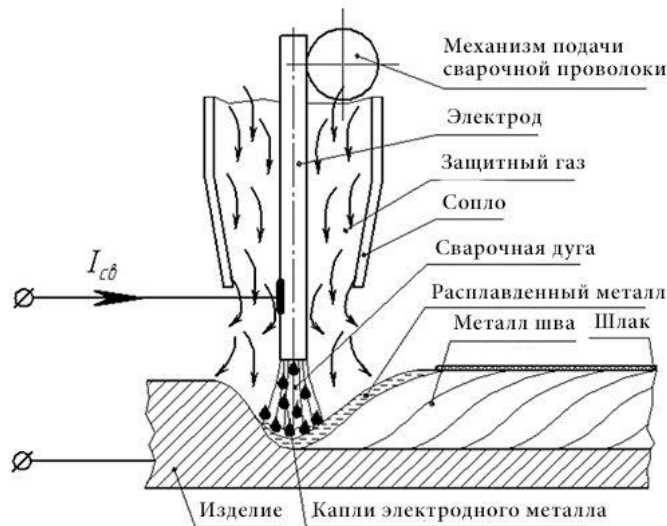


Рисунок 8 – Схема осуществления механизированной сварки в среде защитного газа

Марганец и кремний в результате их высокого сродства к кислороду выгорают. Скорость сварки выбирается исходя из геометрических параметров детали (толщины изделия).

Достоинства сварки в защитном газе: меньшее проплавление основного металла и как следствие более однородная структура металла шва, эксплуатационные характеристики наплавленного металла на порядок выше, чем при наплавке с помощью покрытых электродов, возможность проводить процесс сварки в различных пространственных положениях, высокая степень производительности и механизации [24].

Недостатками сварки в смеси защитных газов являются: 1) наличие газовых баллонов (ограниченная подвижность сварщика); 2) повышенное разбрызгивание электродного металла (ограничение на ток сварки и производительность, потери металла); 3) низкая пластичность наплавленного металла (опасность получения трещин); 4) Высокие требования к настройке оборудования.

2.2 Разработка механизированного процесса сварки

По результатам анализа предложено отказаться от автоматических способов сварки и применить механизированные. Основное отличие механизированного способа заключается в том, что присадка достаточно большой длины и подается в зону горения дуги автоматически. При подборе порошковой проволоки использовали справочную литературу, нормативную документацию, рекламные проспекты ведущих производителей и рекламную информацию в глобальной сети «Интернет».

Среди ведущих зарубежных производителей можно выделить США. Например, самозащитная сварочная проволока FABSHIELD 21B. Выполнена по стандарту AWS E71T-11 Американского общества сварщиков Эта самозащитная порошковая электродная проволока может быть использована почти при любом сварочном процессе общего назначения и в любом пространственном положении - горизонтальном, вертикальном вверх или вниз, потолочном. Она дает превосходные результаты при однопроходной и многопроходной сварке, но особенно она удобна при выполнении угловых

швов и соединений внахлест на тонколистовых деталях из малоуглеродистых или оцинкованных сталей. Проволока Fabshield 21В удовлетворяет требованиям Американского общества сварщиков к испытаниям на боковой изгиб.

Типичные условия применения: общие сварочные работы; легкие конструкции; изготовление деталей машин; монтаж сборных железобетонных конструкций; ремонт железнодорожных вагонов; короткие сборочные сварные швы; резервуары.

Рекомендуемые режимы сварки: диаметр проволоки, мм 0,9 мм; сила тока, А 50 – 150; напряжение, В 13 – 19; вылет проволоки, мм 3,2 – 16.

Род тока: постоянный ток, прямая полярность. Проволока аттестована и соответствует: Стандартам Американского общества сварщиков AWS A5.20, E71T-11. Стандарту Американского общества инженеров-механиков ASME SFA A5.20. Американскому бюро стандартов. Емкость бобины: 15 кг.

Проволоки порошковые для дуговой сварки немецкого и японского производства. СФ-1 AWS:A5-20 E71T-1(рутиловая, омедненная, без шовная, в среде CO₂), ФЧ-1 AWS:A5-20 E71T-1(рутиловая, омедненная, без шовная, в среде CO₂ или смесях Ar+ CO₂).

Например порошковая проволока DW-100. Тип: AWS A5.20 E71T-1, EN 758 T 42 2 P C 1 H5. Рутитовая порошковая проволока для сварки низкоуглеродистых сталей во всех пространственных положениях в среде CO₂. Позволяет осуществлять высокопроизводительную сварку без образования брызг, легкое шлакоотделение, хорошее образование валика шва. Защитный газ: CO₂. Сварка во всех пространственных положениях. Диаметры: 1,2; 1,4; 1,6 мм. Сварочный ток: постоянный, полярность прямая.

Проведенные исследования механических свойств металла, качества сварного шва позволили рекомендовать сварочную проволоку типа Иннершилд NR-207, NR-208S.

Для сварки самозащитной проволокой понадобится источник тока Idealarc DC-400, Invertec V350-PRO, Invertec V300-I, SAM-400. Можно

применить сварочные агрегаты Commander, Vantage различных модификаций. Понадобится адаптер модели K350 или K350-1. Нужен будет для комплектования сварочного поста механизм подачи порошковой проволоки LN-23P, рисунок 9. Ну и непосредственно сварщик будет манипулировать сварочной горелкой K345.



Рисунок 9 – Механизм подачи сварочной проволоки LN-23P

Следующая операция – стыковка труб, выставление зазоров. Прихватки не выполняем, зазор фиксируем за счет применения центраторов. Затем выполняем корневой шов. Согласно рекомендациям корневой шов выполняем электродами.

Не рекомендуется производить сварку корня шва порошковой проволокой, так как скорость сварки в этом случае получается меньше, чем штучными электродами. Объективным фактором замедляющим скорость сварки порошковой проволокой является необходимость установки большего зазора под сварку, и, следовательно, требуется большее время для его перекрытия. Другой причиной более быстрой сварки корня штучными электродами является возможность работы более чем двух сварщиков.

Фактически можно использовать трех сварщиков, работающих одновременно, что невозможно при работе с порошковой проволокой. А при строительстве магистрального газопровода скорость продвижения всей бригады определяется, главным образом, скоростью сварки первого слоя.

Электроды берем рекомендуемые в сопроводительной документации к порошковой проволоке. Могут применяться электроды как с основным так и с целлюлозным видом покрытия. Предварительный подогрев выполняем в соответствии с требованиями к данному виду электродов. После выполнения корневого слоя снимаем центратор, и после тщательной зачистки корня шва приступаем к заполнению разделки.

Разделка заполняется сваркой самозащитной порошковой проволокой Иннершилд NR-207, NR-208S. Заполнение разделки выполняется двумя сварщиками способом сверху вниз. Сварка ведется на постоянном токе, полярность прямая.

Режимы, при сварке в стандартную заводскую разделку, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры режимов при сварке проволокой Иннершилд

Наименование слоя	Марка проволоки			
	Innershield NR-207 и Innershield NR-208 Special диам. 1,7 мм		Innershield NR-208 Special диаметром 2,0 мм	
	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение, В	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение, В
«Горячий проход»	90	18	90	19
	100	19	100	20
Заполняющие	90	18	90	19
	100	19	100	20
	110	20	110	21
	120	21	120	22
Корректирующий, облицовочный	80	17	80	18
	90	18	90	19

Вылет сварочной проволоки не является постоянным. В положении от верхнего до, примерно, 5 часов он составляет 20 мм, и увеличивается до 25 мм в нижнем положении. Также угол наклона горелки меняется. До 5 часов

составляет 25-45 градусов. И при сварке в нижнем положении составляет 5-10 градусов.

При толщине стенок трубы 13 мм и менее заполняющий слой а также облицовочный необходимо выполнять слой за проход. Если толщина стенок труб более 13 мм, начиная с третьего слоя слой выполняется за 2 прохода, и облицовочный слой выполняется за 3 прохода.

Если выполняется сварка труб больших диаметров 1020-1220 мм, и толщиной стенки 14-22 мм в узкую разделку, рисунок 10, выполняется слой за 1 проход, за исключением облицовочного, там 2 прохода. , и параметры режимов отражены в таблице 6.

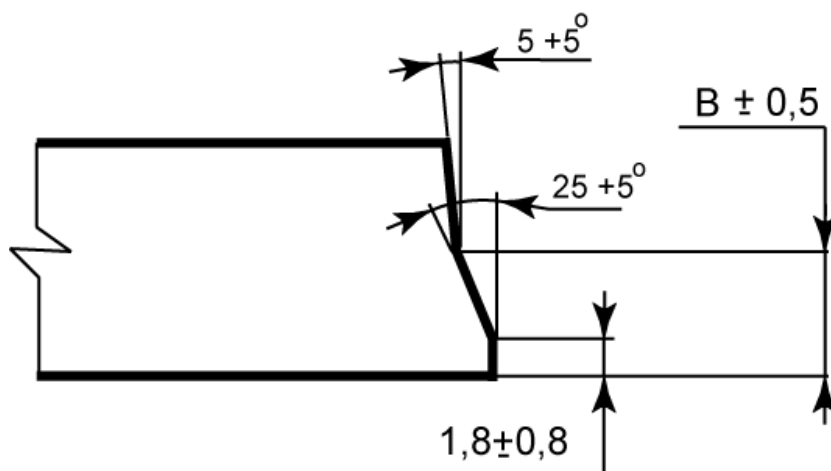


Рисунок 10 – Узкая разделка кромок.

Параметры режимов сварки для данного случая отражены в таблице 6.

После выполнения сварного соединения охлаждаем его, и производим визуально-измерительный контроль сварного шва и обмер сварных соединений 100% (контроль геометрических размеров сварного шва и соединения, качества зачистки сварных швов и поверхностей трубопровода от шлака и брызг металла, наличия недопустимых внешних дефектов сварного шва и околошовной зоны, прожогов, механических повреждений, недопустимых деформаций. Затем производим ультразвуковой контроль сварных швов в соответствии с требованиями ГОСТ 14782—86 и

радиографический контроль сварных швов согласно требованиям ГОСТ 7512—82 и РД 34 10.068—91.

Таблица 6 - Параметры режимов при сварке проволокой Иннершилд в специальную узкую разделку кромок

Наименование слоя	Марка проволоки			
	Innershield NR-204Н диаметром 1,7 мм		Innershield NR-208 Special диаметром 2,0 мм	
	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение, В	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение, В
1	2	3	4	5
Корневой слой*	70 80	15 16	–	–
Подварочный слой	90 100	18 19	–	–
«Горячий проход»	–	–	90 100	19 20
Заполняющие	–	–	90 100	19 20
Корректирующий, облицовочный	–	–	70 80	17 18

3 Безопасность и экологичность проектного технологического процесса

3.1 Технологическая характеристика объекта

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности выполнения сварочных работ при сварке стыков нефтепровода, в частности получения сварных соединений малой протяженности, соединяющих окрайки между собой. Проектная технология предусматривает применение механизированной сварки с применением оборудования Idealarc DC-400, Invertec V350-PRO, Invertec V300-I, SAM-400, сварочных агрегатов Commander, Vantage. Выполнение операций проектного технологического процесса предусматривает возникновение опасных и вредных производственных факторов, действие которых на персонал может привести к нежелательным последствиям [6].

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 [7]. Далее следует обосновать возможность внедрения проектной технологии в производство.

Проектная технология предусматривает последовательное выполнение операций, таблица 7: входной контроль (для выполнения операции применяются стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор); сборочная операция (для выполнения операции применяются стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, рулетка; прихватка (для выполнения операции применяются струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); заполнение разделки (для выполнения операции применяются сварочный источник

питания, сварочная проволока, защитный газ, зачистная машинка); контроль качества (для выполнения операции применяется набор визуально-измерительного контроля, ультразвуковой контроль и радиографический контроль сварных швов).

Таблица 7 - 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
Входной контроль	Дефектоскопист	стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, карманный фонарик, маркер по металлу, индикатор	Рукавицы
Сборочная операция	Слесарь-сборщик	стреловой кран, набор строп, линейка металлическая, рулетка	Рукавицы
Прихватка	Электросварщик	струбцины, угольник, линейка, сварочный источник питания, зачистная машинка	Рукавицы, сварочная проволока, защитный газ,
Заполнение разделки	Электросварщик	сварочный полуавтомат, сварочный источник питания	Рукавицы сварочная проволока, защитный газ,
Контроль качества	Дефектоскопист	набор визуально-измерительного контроля.	

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, таблица 8. 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.

Таблица 8 – 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	2	3
Входной контроль	<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"> - стреловой кран; - острые кромки изделия; - инструменты
Сборочная операция	<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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> - стреловой кран; - острые кромки изделия; - инструменты
Прихватка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - 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"> - струбцины; - угольник; - линейка; - сварочный источник питания; - зачистная машинка; - сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия

Продолжение таблицы 8

1	2	3
Заполнение разделки	<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; - 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"> - сварочный полуавтомат; - сварочный источник питания; сварочная дуга; - сварочный аэрозоль; - нагретые края изделия
Контроль качества	<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; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека 	

3.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 9 – 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
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;	<ul style="list-style-type: none"> - размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек; - проведение с персоналом инструктажа по технике безопасности 	Спецодежда.
- движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;	<ul style="list-style-type: none"> - применение ограждений, ограничивающих проникновение персонала в опасную зону; - размещение в отведённых местах информационных плакатов и табличек 	Спецодежда

Продолжение таблицы 9

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

3.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

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. Анализ опасных факторов такого пожара, таблица 10, позволит в дальнейшем сформулировать технические предложения, таблица 11.

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.

Таблица 10 – 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 нефтепровода» [22].	«Источник питания сварочной дуги, сварочный полуавтомат, кран стреловой, машинка шлифовальная» [22].	«пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)» [22].	«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» [22].	«Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения» [22].

Таблица 11 - 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.

Полноценная защита работающего персонала и имущества предприятия от вероятностного пожара обеспечивается при условии проведения соответствующих организационных мероприятий, таблица 12.

Таблица 12 – 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 нефтепровода (механизированная сварка самозащитной порошковой проволокой)» [22].	«Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами» [22].	«На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр» [22].

3.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

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, таблица 13 этих негативных факторов и предложить меры защиты, таблица 14 от этих факторов.

Таблица 13 – 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 стыка трубопровода, механизированная сварка порошковой проволокой» [22].	«Подготовительная операция, сборочная операция, операция сварки стыка, контрольные операции» [22].	«Выделяемые в процессе горения сварочной дуги аэрозоли, частицы сажи и газообразные частицы» [22].	«Машинное масло, применяемое при ультразвуковом контроле» [22].	«Упаковочный материал от присадочных материалов, мусор – бытовой и производственный» [22].

Таблица 14 – 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» [22].
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	«Контроль утечек масла при проведении ультразвукового контроля» [22].
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» [22].

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

Изучение особенностей технологического процесса сборки и сварки нефтепровода 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). 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 предложено для повышения эффективности сварки стыков нефтепровода применить современные достижения сварочной науки в области механизации процесса сварки. Принято решение построение проектной технологии сварки выполнять на базе механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой.

Базовый вариант технологии предполагает использование ручной дуговой сварки по методу ММА.

Такая замена способа сварки позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ. Существенное повышение стабильности качества также приводит к повышению производительности, так как уменьшается время, затрачиваемое на исправление дефектов сварки. Впоследствии сварные соединения нефтепровода эксплуатируются без образования сквозных дефектов большой срок.

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

Для выполнения экономических расчётов следует привести исходные данные по базовой и проектной технологиям, таблица 15.

Таблица 15 – 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	-	V	V
Величина часовой тарифной ставки занятого в выполнении технологических операций персонала	$Cч$	Р/час	200	200
Суточное количество смен, предусмотренных для выполнения технологических операций	$K_{см}$	-	1	1
Принятые значения коэффициентов для расчёта фонда заработной платы:				
Принятые значения коэффициента доплат к основной заработной плате	$K_{доп}$	%	12	12
Принятые значения коэффициента отчислений на дополнительную заработную плату	K_d	-	1,88	1,88
Принятые значения коэффициента отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования, которое используется для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{об}$	Руб.	40000	70000
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$M_{уст}$	кВт	5	8
Принятые значения коэффициента нормы амортизации оборудования	$На$	%	21,5	21,5
Принятые значения коэффициента 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	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,02	3,02

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5
Принятые значения коэффициента полезного действия оборудования для выполнения технологических операций	КПД	-	0,7	0,85
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	m^2	11	11
Принятые значения стоимости эксплуатации площадей	$C_{\text{эксп}}$	$(P/m^2)/\text{год}$	2000	2000
Принятые значения цены производственных площадей	$C_{\text{пл}}$	P/m^2	30000	30000
Принятые значения коэффициента нормы амортизации производственных площадей	$Ha_{\text{пл}}$	%	5	5
Принятые значения коэффициента дополнительной производственной площади	$K_{\text{пл}}$	-	3	3
Принятые значения коэффициента цеховых расходов	$K_{\text{цех}}$	-	1,5	1,5
Принятые значения коэффициента заводских расходов	$K_{\text{зав}}$	-	1,15	1,15
Принятые значения коэффициента эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33

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, см. табл. 15: суммарное число рабочих дней в календарном году $D_p = 277$ дней, длительность рабочей смены $T_{\text{см}} = 8$ часов, количество предпраздничных дней $D_{\text{п}} = 7$ дней, уменьшение продолжительности рабочей смены в часах в предпраздничные дни $T_{\text{п}} = 1$ час, принятое для

рассматриваемого технологического процесса число рабочих смен $K_{см} = 1$.

Таким образом, рассчитываем фонд времени по зависимости:

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

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

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

Машинное время рассчитаем исходя из длины сварного шва, коэффициента наплавки и величины сварочного тока.

Для определения численных значений машинного времени воспользуемся формулой:

$$t_0 = \frac{60 \cdot M_{\text{напл.мет}} \cdot L_{\text{ш}}}{I_{\text{св.}} \cdot \alpha_{\text{напл}}}, \quad (4)$$

Машинное время, рассчитанное для базового и проектного вариантов технологии согласно (4), составит:

$$t_{\text{машб}} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 2,38}{120 \cdot 9} = 0,5 \text{ час} = 30 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{машпр}} = \frac{60 \cdot 0,561 \cdot 2,38}{210 \cdot 9} = 0,25 \text{ час} = 15 \text{ мин.}$$

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

$$t_{\text{штб}} = 30 + 3 + 1,5 + 2,4 + 0,3 = 37,2 \text{ мин} = 0,62 \text{ час}$$

$$t_{\text{штпр}} = 15 + 1,5 + 0,9 + 0,75 + 0,15 = 18,3 \text{ мин.} = 0,30 \text{ час.}$$

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 $t_{\text{шт}}$:

Расчёт экономической эффективности проектной технологии будем выполнять для годовой программы $\Pi_{\Gamma}=2000$ стыков трубопровода в год.

При этом необходимое количество $n_{\text{об.расч}}$ 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 $K_{\text{вн}} = 1,03$):

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{F_{\text{э}} \cdot 60} \quad (5)$$

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

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{2000 \cdot 37,2}{2054 \cdot 60} = 0,6 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{2000 \cdot 18,3}{2054 \cdot 60} = 0,29 \text{ шт}$$

Необходимое количество оборудования $n_{\text{пр}}$, 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 ($n_{\text{пр}} = 1$). Коэффициент K_3 загрузки оборудования в этом случае составит:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (6)$$

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

$$k_{3б} = \frac{0,6}{1} = 0,6$$

$$k_{3пр} = \frac{0,29}{1} = 0,29.$$

4.4 Расчет заводская себестоимости вариантов технологии

При получении сварных соединений деталей днища резервуара вертикального требуются вспомогательные сварочные материалы. Применяемый на предприятии комбинированный технологический процесс сварки стыков нефтепровода характеризуется расходом штучных электродов по способу ММА. Разработанный и предлагаемый к применению технологический процесс на базе способа механизированной сварки самозащитной проволоки характеризуется расходом сварочной проволоки.

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

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{tz}, \quad (7)$$

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

$$3M_{\bar{o}} = 9,99 \text{ руб.}$$

$$3M_{\text{пр}} = 15,66 = 15,66 \text{ руб.}$$

Объём основной заработной платы $3_{\text{осн}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки $C_ч$ и коэффициента K_d доплат:

$$3_{\text{осн}} = t_{шт} \cdot C_ч \cdot k_{znl} \quad (8)$$

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

$$3_{\text{оснбаз}} = 0,62 \cdot 200 \cdot 1,79 = 221,96 \text{ руб.}$$

$$3_{\text{оснпр}} = 0,30 \cdot 200 \cdot 1,79 = 107,5 \text{ руб.}$$

Объём дополнительной заработной платы $3_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитаем с учётом основной заработной платы $3_{\text{осн}}$ и коэффициента $K_{\text{доп}}$ дополнительных доплат ($K_{\text{доп}} = 12 \%$):

$$3_{\text{доп}} = \frac{K_{\text{доп}}}{100} \cdot 3_{\text{осн}} \quad (9)$$

Дополнительная заработная плата $3_{\text{доп}}$ работников, занятых в выполнении операций по базовому и проектному вариантам технологии, рассчитанная согласно (9) после подстановки значений составляет:

$$ЗПЛ_{ДОПБАЗ} = 221,96 \cdot 10/100 = 22,19 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ДОППР} = 107,5 \cdot 10/100 = 10,75 \text{ руб.}$$

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

$$\Phi ЗП_{БАЗ} = 221,96 + 22,19 = 244,15 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{ПР} = 107,5 + 10,75 = 118,25 \text{ руб.}$$

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

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot K_{сн} / 100 \quad (10)$$

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

$$O_{снБАЗ} = 244,15 \cdot 30 / 100 = 73,37 \text{ руб.}$$

$$O_{снПР} = 118,25 \cdot 30 / 100 = 35,50 \text{ руб.}$$

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

$$З_{об} = A_{об} + P_{ээ}. \quad (11)$$

Величина $A_{об}$ амортизации оборудования рассчитывается исходя из цены оборудования $Ц_{об}$, нормы амортизации H_a , машинного времени $t_{маш}$, и эффективного фонда времени $F_э$ с использованием зависимости:

$$A_{об} = \frac{Ц_{об} \cdot H_a \cdot t_{МАШ}}{F_э \cdot 100}. \quad (12)$$

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

$$A_{\text{ОБ}}^{\text{Б}} = \frac{40000 \cdot 37,2 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 2,4 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{ОБ}}^{\text{ПР}} = \frac{70000 \cdot 18,3 \cdot 18}{2054 \cdot 100 \cdot 60} = 2,1 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{э}-\text{э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_{\text{о}}}{KПД} C_{\text{э}-\text{э}}. \quad (13)$$

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

$$Z_{\text{э-ЭБАЗ}} = \frac{3,6 \cdot 0,5}{0,7} 3,02 = 7,7 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{э-ЭПР}} = \frac{6,3 \cdot 0,25}{0,75} 3,02 = 6,3 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{оббаз.}} = 2,4 + 7,7 = 10,1 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{обпроектн.}} = 2,1 + 6,3 = 8,4 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сн}} + Z_{\text{ОБ}} \quad (14)$$

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

$$C_{\text{ТЕХБаз.}} = 9,99 + 244,15 + 73,37 + 10,1 = 337,61 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ТЕХПроектн.}} = 15,66 + 118,25 + 35,50 + 8,4 = 177,81 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{\text{ЦЕХБаз.}} = 337,61 + 1,5 \cdot 221,96 = 337,61 + 332,94 = 670,55 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЦЕХПроектн.}} = 177,81 + 1,5 \cdot 107,5 = 177,81 + 161,25 = 339,06 \text{ руб.}$$

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:

$$C_{\text{ЗАВБаз.}} = 670,55 + 1,15 \cdot 221,96 = 670,55 + 255,25 = 925,80 \text{ руб.},$$

$$C_{\text{ЗАВПроектн.}} = 339,06 + 1,15 \cdot 107,50 = 339,06 + 123,62 = 462,68 \text{ руб.}$$

Расчетные значения составляющих экономических показателей заводской, цеховой и технологической себестоимости для применяемого на предприятии технологического процесса сварки и разработанного в ВКР и предлагаемого к внедрению отражены в таблице 15.

Таблица 15 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Наименование экономического показателя	Услов. обозн.	Калькуляция, руб	
		Применяемый	Предлагаемый
1. Расходы на основные материалы	<i>М</i>	9,99	15,66
2. Расходы на заработную плату	<i>ФЗП</i>	244,15	118,25
3. Отчисления на соц. нужды	<i>Осн</i>	73,37	35,50
4. Затраты на оборудование	<i>Зоб</i>	10,1	8,4
5. Технологическая себестоимость	<i>Стех</i>	337,61	177,81
6. Цеховые расходы	<i>Рцех</i>	332,94	161,25
7. Цеховая себестоимость	<i>Сцех</i>	670,55	339,06
8. Заводские расходы	<i>Рзав</i>	255,25	123,62
9. Заводская себестоимость	<i>Сзав</i>	925,80	462,68

4.5 Расчет капитальных затрат по вариантам технологии

Капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ для базового варианта технологии рассчитываем с учётом остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об.б.}}$, коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з. б.}}$ рассчитанного для базового варианта согласно (6):

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об.б.}} \cdot K_{\text{з. б.}} \quad (17)$$

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

$$\Pi_{\text{об.б.}} = \Pi_{\text{перв}} - (\Pi_{\text{перв}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot H_a / 100). \quad (18)$$

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

$$\Pi_{\text{об.баз.}} = 15000 - (15000 \cdot 2 \cdot 21,5 / 100) = 8550 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{общ.баз.}} = 1 \cdot 8550 \cdot 0,027 = 230 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$K_{\text{об. пр.}} = 75000 \cdot 1,05 \cdot 0,012 = 945 \text{ руб.}$$

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:

$$K_{\text{дпм}} = 1 \cdot 15000 \cdot 0,05 = 750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{монт}} = 75000 \cdot 0,05 = 3750 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{соп}} = 750 + 3750 = 4500 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{общ.пр}} = 945 + 4500 = 54450 \text{ руб.}$$

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:

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

$$K_{\text{доп}} = 54450 - 2300 = 52154 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{\Pi_{\Gamma}}, \quad (25)$$

После подстановки в (25) соответствующих значений:

$$K_{\text{удБаз.}} = 230/2000 = 0,46 \text{ руб./ед.}; K_{\text{удДПроектн.}} = 52154/2000 = 10,43 \text{ руб./ед.}$$

4.6 Расчет показателей экономической эффективности

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

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{t_{\text{ШТБ}} - t_{\text{ШТПР}}}{t_{\text{ШТБ}}} \cdot 100\% \quad (26)$$

Расчётное снижение трудоёмкости согласно (26) составило:

$$\Delta t_{\text{ШТ}} = \frac{0,062 - 0,030}{0,062} \cdot 100\% = 51\%$$

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

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{ШТ}}}{100 - \Delta t_{\text{ШТ}}} \quad (27)$$

Расчётное повышение производительности труда согласно (27) составило:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 51}{100 - 51} = 104\%$$

Расчёт снижения технологической себестоимости $\Delta C_{\text{ТЕХ}}$ 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:

$$\Delta C_{\text{ТЕХ}} = \frac{25,62 - 13,55}{25,62} \cdot 100\% = 47\%$$

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

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot П_{Г} . \quad (29)$$

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

$$\mathcal{E}_{у.г.} = (925,80 - 462,68) \cdot 2000 = 926240 \text{ руб.}$$

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

$$T_{ок} = \frac{K_{доп}}{\mathcal{E}_{уГ}} . \quad (30)$$

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

$$T_{ок} = \frac{5215}{13545} \approx 0,38 \text{ года}$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$, получаемый при принятии проектной технологии определим следующим образом:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_{уГ} - E_n \cdot K_{доп} \quad (31)$$

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

$$\mathcal{E}_Г = 926240 - 0,33 \cdot 52154 = 909029 \text{ руб.}$$

При выполнении базовой технологии сборки и сварки нефтепровода применяется ручная дуговая сварка штучными электродами.

Недостатки применения ручной дуговой сварки штучными электродами:

- повышенный расход электродного материала на угар, разбрызгивание и огарки;

- малая производительность выполнения сварочных работ;

- работа сварщика в тяжёлых условиях; низкая стабильность качества сварки.

Проектный вариант технологии предполагает использование сварки самозащитной порошковой проволокой - механизированной.

Такая замена способа сварки при получении сварных соединений нефтепровода позволяет существенно повысить производительность выполнения сварочных работ.

Выполнение экономических расчётов позволило выявить экономическую эффективность проектной технологии: уменьшение трудоемкости на 51%, повышение производительности труда на 104 %, уменьшение технологической себестоимости на 47%.

Условно-годовая экономия при внедрении проектной технологии составляет 926240 рублей.

Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 909029 рублей. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 0,5 года.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о высокой экономической эффективности проектной технологии.

Заключение

Цель выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества при сварке магистрального нефтепровода.

В процессе решения задач работы был выполнен анализ альтернативных способов сварки, которые могут быть применены при сварке стыков нефтепровода, были рассмотрены способы дуговой сварки штучными электродами, механизированной сварки в среде защитных газов, сварка неплавящимся электродом, автоматическая сварка под слоем флюса. Рассмотрены в сравнении достоинства и недостатки перечисленных способов сварки.

По результатам анализа перечисленных вариантов получения неразъемных соединений предложено применить сварку порошковой самозащитной проволокой.

Разработанный технологически процесс сварки стыков нефтепровода включает в себя операции входного контроля соединяемых деталей и вспомогательных сварочных материалов. Затем выполняются подготовительные операции, такие как зачистка и обезжиривание. Затем следует операция сборки с применением центратора. После чего механизированной сваркой порошковой проволокой выполняется заполнение разделки двумя сварщиками, работающими противоположно друг от друга. Швы выполняются поэтапно.

В процессе выполнения сварного соединения выполняются контрольные операции. Контролируются режимы сварки, геометрические параметры и зачистка выполненных валиков. Также выполняется при необходимости контроль межслойной температуры

Применение механизированной сварки позволяет уменьшить трудоемкость выполнения сварных швов нефтепровода. Годовой экономический эффект при внедрении проектной технологии составляет 909029 рублей при годовой программе 2000 стыков. Можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Алешин, Н.П., Лысак В.И., Лукьянов В.Ф. Современные способы сварки: Учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. 59 с.
2. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение. 2006. 368 с.
3. Васильев В.И., Ильященко Д.П. Разработка этапов технологии при дуговой сварке плавлением: учебное пособие. Томск: Издательство ТПУ, 2008. 96 с.
4. Виноградов В.С. Технологическая подготовка производства сварных конструкций в машиностроении. М.: Машиностроение. 1981. 224с.
5. Горина, Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учеб. пособие. Л. Н. Горина. Гриф УМО. Тольятти : ТолПИ. 2000. 79 с.
6. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций. М.: Изд. «Зеркало», 1995. 288 с.
7. Гринин А. С., Орехов Н.А. Экологический менеджмент : учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 206 с.
8. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. М.: МЧС России, 1995. 230 с.
9. Егоров А.Г., Уполовникова Г.Н., Живоглядова И.А. Правила оформления выпускных квалификационных работ для бакалавриата и специалитета: учебно-методич. пособие по выполнению дипломного проекта. Тольятти.: ТГУ, 2011. 87 с.
10. Ефименко Л. А., Капустин О. Е., Илюхин В. Ю., Коновалова О. В. Анализ склонности трубных сталей различной категории прочности к термомодеформационному старению // Сварочное производство. 2008. №1 — С. 10-12.
11. Климов А.С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: Учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной

работы бакалавра по направлению подготовки 150 700.62 «Машиностроение». Тольятти: ТГУ, 2014. 52с.

12. Козулин, М.Г. Технология изготовления сварных конструкций. Учеб-метод. пособие к курсовому проектированию. - Тольятти: ТГУ 2008. 77 с.

13. Колганов, Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. 512 с.

14. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта: метод. указания. Тольятти: ТГУ. 2008. 38 с.

15. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент: метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти: ТГУ. 2005. 35 с.

16. Масленников А.В. Разработка технологического процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов на основе оптимизации параметров режима: диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Масленников Александр Васильевич; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008. 124 с.

17. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ. - 2-е изд. перераб. М.: Высш. школа, 1986. 208 с.

18. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Малышева Б.Д. - М.: Стройиздат. 1977. 780с.

19. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности Х70–Х80: диссертация ... кандидата Технические науки: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016. 148с.

20. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник. М.: ИНФРА М. 2001. 672 с.

21. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности

магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.

22. Цыганова Е.С. Технология и оборудование для ремонта трубного пучка теплообменника [Электронный ресурс] // Бакалаврская работа. Тольятти, ТГУ. – 2020. – 64 с. URL: <http://hdl.handle.net/123456789/13202> (дата обращения 24.05.2021).

23. Ahlblom B. Oxygen and its Role in Determining Weld Metal Microstructure and Toughness. A State of the Art Review. Reprinted in ASM Handbook. // ASM International. International Institute of Welding. 1984. Vol. 6. Doc. №. IX-1322.

24. Cresswell R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.

25. Dilthy U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.

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

27. Evans G. Microstructure and Properties of Ferritic Steel Welds Containing Ti and B. // Welding Journal. 72 (8). 1996. P. 251-260.

28. Shiliang W., Weiping H., Bogang T. Improving the Toughness of Weld Metal by Adding Rare Earth Elements. // Welding International 3. 1986. P. 284-287.

29. Tsuboi J., Terashima H. Review of strength and toughness of Ti and Ti-B microalloyed deposits (en) Welding in the world. // Le Soudage dans le monde. 1983. Vol 21. Num. 11/12. ref : 33. P. 304-317.