

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 Технологии ремонта повреждений магистральных трубопроводов

Студент

Р.Х. Имангулов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.В. Сярдова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение эффективности ремонта сварных соединений трубопроводов.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Выбраны современные технологии, результаты которых могут повлиять на повышение эффективности труда при ремонтной сварке магистральных трубопроводов;
2. Проанализированы выбранные технологии.
3. Разработан типовой технологический процесс ремонта;
4. Выполнен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Выполнена экономическая оценка варианта ремонтной сварки путем применения ремонтной конструкции.

Пояснительная записка содержит 51 страницу при 5ти рисунках и 10ти таблицах. Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

Выполненный анализ ситуации показал, что перспективным вариантом ремонта дефектных трубопроводов является применение ремонтных конструкций. Разработан технологический процесс ремонтной сварки.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Условия эксплуатации трубопроводов и возникающие дефекты.....	6
1.2 Анализ свойств материала труб.....	7
1.3 Анализ применяемой технологии ремонтной сварки.....	9
1.4. Задачи работы.....	13
2 Разработка технологического процесса ремонтной сварки.....	15
3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта.....	21
3.1 Характеристика разработанного технического объекта.....	21
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	22
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков.....	23
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	24
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	26
3.6 Заключение по разделу.....	27
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений.....	29
4.1 вводные данные для выполнения экономических расчетов применяемого варианта ремонта и предлагаемого.....	29
5.2 Расчет норм времени.....	32
4.3 Расчет фонда времени работы оборудования и количества оборудования, необходимого по технологическому процессу.....	33
4.4 Капитальные вложения в оборудование.....	35
4.5 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.....	37
5.6 Цеховая себестоимость.....	43
5.7 Заводская себестоимость.....	43
5.8 Калькуляция и структура себестоимости.....	43
5.9 Расчетное определение эффективности предложенных технических решений.....	44
5.10 Заключение по разделу.....	46
Заключение.....	47
Список используемых источников.....	48

Введение

В настоящее время важнейшими товарами Российской Федерации на мировом рынке являются нефть и газ. А поскольку цена на нефть в последнее время резко снизилась, то остается один лишь газ. Также газ является сырьем для многих предприятий в самой России, например, топливно-энергетического комплекса, химической промышленности. Таким образом, эффективная добыча и транспортировка газа к потребителю (или покупателю) является актуальной как для нефтегазовой отрасли, так и для экономики всей страны.

Известно, что в процессе эксплуатации трубопроводы находятся под воздействиями нагрузок. Это могут быть статические нагрузки, динамические, с различным временем действия на трубопровод. Зачастую, следствием этого является возникновение дефектов трубопроводов. Для ремонта возникших дефектов может быть применен такой кардинальный метод, как замена дефектного участка новой трубой. Но при значительных количествах повреждений трубопроводов финансовые затраты достигают неприемлемых значений. Поэтому в практике ремонта широкое распространение получили способы ремонта, при которых вырезка дефектного участка не нужна, и, по возможности, продолжается транспорт нефти.

Ремонт повреждений трубопроводов, выполняется, в основном, после выполнения 100% диагностики и сопровождается переукладкой и переизоляции. Технология ремонта предусматривает работу на одном или нескольких межкрановых участках протяженностью более 30 км.

Однако практика показывает, что условия эксплуатации трубопроводов на таких участках, и как следствие, концентрация дефектов по длине могут существенно отличаться. Также следует учитывать высокий уровень затрат при капитальном ремонте участков трубопроводов. В некоторых случаях для

обеспечения эксплуатации нефтепроводов необходим срочный ремонт отдельных дефектов, достигших критического размера.

В связи с изложенным выбор экономичного варианта ремонта трубопроводов применительно к конкретному дефекту является актуальным. Во всяком случае, перечень технологий ремонта, имеющихся в распоряжении, примерно, следующий: вырезка дефектного участка и установка катушки; наплавка дефекта; применение полимерных составов; применение муфт.

Для определения вариантов повышения эффективности, в качестве критериев эффективности определим качество и производительность при ремонте необходим комплекс исследований характеристик дефектного участка. Отсюда сформулируем цель работы – повышение эффективности ремонта сварных соединений трубопроводов.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Условия эксплуатации трубопроводов и возникающие дефекты

Магистральные трубопроводы предназначены для транспортировки потребителям жидких или газообразных углеводородов. Расположение объектов потребляющих указанные продукты и мест их добычи характеризуется значительными расстояниями. Например, протяженность газопровода Сила Сибири составляет свыше 3000 км, а если приплюсовать участок в Китае то свыше 4500 км. Если вспомнить коммунистический период России, то примерно те же 4500 км составляла длина газопровода Уренгой-Помары-Ужгород построенного в рамках контракта между СССР и ФРГ.

На всей протяженности трубопровода смогут возникать дефекты, и, соответственно, необходимость в ремонтных технологиях для устранения дефектов. Ремонтные технологии применяются при ремонте магистральных трубопроводов с остановкой и без остановки транспорта продукта со следующими техническими характеристиками:

- наружный диаметр трубопровода – от 159 до 1220 мм;
- толщина стенки трубы – от 5 до 18 мм;
- для определения допустимого давления выполняют специальные расчеты;
- температура газа на ремонтируемом участке может находиться в пределах минус 12 °С до плюс 60 °С;
- ремонтируемые трубы из стали класса прочности от К42 до К60» .

Для ремонта трубопроводов с рабочим давлением до 6,3 МПа применяются следующие методы ремонта:

1. установка ремонтных конструкций;
2. шлифовка;
3. заварка;

4. вырезка дефектного участка и замена его новой трубой.

При ремонте по 1 и 3 пункту необходимо снижать давление и скорость продукта в трубопроводе, не превышающих расчётных значений. Для трубопроводов с толщиной стенки менее 7 мм. давление не должно превышать расчетных допустимых значений и ограничивается 2,0 МПа.

По четвертому пункту - замена участка обеспечивает наиболее полное устранение дефектов и повышение надежности, но связана с необходимостью отключения потребителя, опасностью загрязнения окружающей среды и большими потерями продукта. В связи с этим часто наиболее целесообразными оказываются методы ремонта без остановки перекачки продукта [1]. Здесь следует ориентироваться на типа дефекта и площадь поражения. Малые дефекты устраняют посредством заварки. Ремонтные конструкции (муфты) применяют при значительной площади повреждений, а также при повреждениях с изменением формы сечения трубы (вмятинах и гофрах). Применение ремонтной конструкции позволяет существенно снизить расходы на ремонт и сроки простоя трубопровода по сравнению с заменой дефектного участка.

1.2 Анализ свойств материала труб

Химический состав сталей категории прочности К60 разный. Сюда относят стали 10Г2ФБЮ, 10Г2СБ, 08Г1НФБ и другие. Так в таблице 1.1 в качестве примера приведен химический состав стали категории прочности К60

Таблица 1.1 – Содержание химических элементов в стали 10Г2СБ.

С	Mn	Si	Ni	S	P	Cr
до 0,13	1,3-1,8	0,25-0,5	до 0,3	до 0,02	до 0,025	до 0,3

Несмотря на высокие значения прочности сталь 17Г1С характеризуется высокими значениями пластических свойств. Так предел

прочности стали 10Г2СБ составляет 590 МПа, при относительном удлинении 20%.

Рассмотрим свариваемость стали 10Г2СБ и других сталей категории прочности К60. Анализ свариваемости позволяет выбирать подходящие способы и режимы ремонтной сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях эксплуатации сварной узел. Причем, все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Таким образом, один способ сварки может обеспечить свариваемость материала для одних условий эксплуатации, но для других условий эксплуатации тот же способ свариваемость не обеспечит. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение, следовательно материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются, и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке

свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. При определении свариваемости трубных сталей выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента [8].

Согласно расчетов, сталь обладает свариваемостью, если значения углеродного эквивалента не превышают 0,25. Выполненные для сталей категории прочности К60 расчеты углеродного эквивалента показывают на хорошую свариваемость данных сталей.

1.3 Анализ применяемой технологии ремонтной сварки

Достаточно часто дефект располагается непосредственно в районе стыка. Дело в том, что в районе стыка имело место термическое воздействие, металл доводили до температуры плавления, затем он кристаллизовался. Ремонт стыков действующих магистральных трубопроводов под давлением проводится в следующей последовательности.

Ремонт облицовочного слоя кольцевых стыков магистральных газопроводов проводится без остановки транспорта продукта, после проведения контроля загазованности воздушной среды в месте производства работ, с соблюдением мероприятий по безопасному проведению сварочных работ [11, 18].

Подготовка кольцевых стыков магистральных трубопроводов к ремонту выполняется в следующей последовательности.

Перед проведением контроля кольцевые стыки должны быть очищены от изоляционного покрытия, снега, грязи, масла и других загрязнений.

Кольцевые стыки и прилегающие к ним поверхности трубы должны быть зачищены от ржавчины до чистого металла (шлифмашинкой с дисковой проволочной щеткой или вручную металлической щеткой) на ширину не менее 10 мм в обе стороны. Брызги расплавленного металла по краям облицовочного шва кольцевых стыков при их наличии должны быть устранены.

При визуальном контроле кольцевых стыков трубопроводов должна проводиться оценка качества формирования шва и поверхностных дефектов шва при их наличии.

Инструментальным контролем на различных участках кольцевых стыков должны быть проверены размеры швов (ширина, усиление), величина подрезов, чешуйчатость поверхности швов ручной сварки, величина наплывов на поверхности швов.

Измерения проводятся измерительным инструментом из комплекта для проведения визуального измерительного контроля.

В результате контроля на кольцевых стыках трубопроводов должны быть отмечены тип и место расположения недопустимых дефектов. Отметка должна проводиться маркером или несмываемой краской.

Перед ремонтом должна проводиться просушка кольцевых стыков.

Просушка кольцевых стыков является обязательной операцией при наличии влаги на поверхности стыков (конденсата, снега, наледи, инея).

Температура просушки от 50°C до 60°C. Ширина зоны нагрева при просушке должна быть не менее 30 мм в каждую сторону от сварного шва.

При просушке должна быть обеспечена равномерность нагрева ремонтируемого участка кольцевого стыка и прилегающих к нему участков поверхности трубы в соответствии с п. 6.3 настоящего документа.

При просушке кольцевого стыка должен проводиться контроль температуры (контактными термометрами). Температура должна замеряться в 2-3 точках на ремонтных участках стыка. Результаты замеров заносятся в Журнал сварки труб и сварочных работ (Форма 15 РД 39-00147105-015-98).

При неблагоприятных условиях погоды необходимо установить инвентарное укрытие для исключения попадания осадков (дождя, снега) в зону сварки и воздействия ветра при скорости более 10 м/с.

Ремонт стыков с недопустимой геометрией облицовочного шва, с неудовлетворительным формированием шва, подрезами и видимыми дефектами на поверхности проводится ручной дуговой сваркой без

предварительного подогрева.

Специальная технология ремонта кольцевых стыков

Ремонт кольцевых стыков разрешается выполнять только после производственной аттестации технологии ремонта и допускных испытаний сварщиков. Аттестация технологии сварки проводится в соответствии с требованиями РД-08.00-60.30.00-КТН-050-1-05.

Сварка должна выполняться на минимально короткой дуге с поперечными колебаниями в направлении «снизу вверх» (на подъем).

Сварка при ремонте стыков проводится на постоянном токе обратной полярности (<+> на электроде).

Для улучшения качества сварки при ремонте стыков каждый сварочный пост должен быть снабжен индивидуальным источником питания.

Для улучшения стабильности горения дуги и качества сварки каждый источник питания должен быть снабжен отдельным обратным проводом (кабель заземления).

Ремонт кольцевых стыков с недопустимой седловидностью шва проводится при соблюдении следующих условий:

Ремонт кольцевых стыков с недопустимой седловидностью шва допускается проводить суммарной длиной, равной периметру стыка.

Сварка при ремонте облицовочного слоя шва кольцевых стыков (с усилением менее 1,0 мм или без усиления; с недостаточной шириной шва; с чешуйчатостью шва ручной сварки более 1,0 мм) должна проводиться электродами диаметром 2,5- 4,0 мм.

Для уменьшения твердости в зоне термического влияния (ЗТВ) и предотвращения образования трещин сварка при ремонте облицовочного шва кольцевых стыков трубопроводов должна проводиться в два слоя:

- первый слой должен выполняться с гарантированным проплавлением;
- второй слой накладывается на первый и является отжигающим;

– второй слой должен быть уже первого на величину от 1 до 2 мм с каждой стороны.

Сварка при ремонте облицовочного слоя шва в один слой запрещается.

Сварка при ремонте облицовочного слоя шва должна выполняться отдельными участками. На каждом участке должно накладываться два слоя.

Длина каждого участка должна быть равна длине шва при расплавлении от 1 до 2-х электродов.

Сварка между наложением первого и второго слоев шва на отдельных участках стыка при ремонте облицовочного шва во избежание охлаждения должна выполняться без перерыва.

При ремонте стыков при температуре наружного воздуха ниже плюс 5^oC и особенно при отрицательных температурах до минус 30^oC интервал времени между окончанием сварки первого и началом сварки второго (отжигающего валика) слоев шва не должен превышать 20 сек.

При вынужденных перерывах при ремонте облицовочного шва первый слой в случае охлаждения необходимо полностью устранить шлифмашинкой (шлифкругом) и повторно провести сварку в два слоя.

В процессе сварки при ремонте облицовочного шва должен проводиться контроль межслойной температуры контактным термометром.

Межслойная температуры после выполнения первого слоя должна быть не менее 50^oC. Сварка второго слоя шва после охлаждения первого ниже плюс 50 ^oC запрещается.

Температура после сварки второго слоя (отжигающего валика) по краям облицовочного шва (в точке сплавления с основным металлом) должна быть не менее 100^oC. Контроль температуры должен проводиться контактными пирометрами (термометрами) - прибором ТК-5 или аналогичными.

При ремонте коррозионных повреждений на расстоянии от сварного шва вначале механической обработкой с использованием шаблонов выполняют выборку дефектного участка, при этом продукты коррозии и слой

дефектного металла удаляют, заглубляясь в здоровый металл не менее 1 мм. Выборку дефектного места выполняют радиальной шлифовальной машиной. Форма выборки должна быть овальной. Дно выборки должно быть гладким, а радиусы перехода к поверхности трубы должны быть не менее 60 мм.

После выполнения выборки следует проконтролировать остаточную толщину стенки с использованием ультразвукового толщиномера. После этого необходимо выполнить капиллярный и ультразвуковой контроль для обнаружения возможных наружных и внутренних дефектов.

Перед заправлением выборки следует предварительно подогреть место сварки до температуры 100...130 °С. Для предварительного подогрева используют пропанобутановые горелки. Подогреваемая зона должна быть шириной не менее 80 мм в каждую сторону от выборки. На расстоянии 15 мм от выборки с использованием прижимной термопары контролируют температуру подогрева.

При заправлении выборки каждый слой шва заваривают узкими валиками. Сначала выполняют первый слой, потом выполняют заполняющие слои, далее выполняют контурный шов, после чего выполняют облицовочный слой. Всего должно быть выполнено не менее трёх слоев (не считая контурного шва).

Первый слой выполняют параллельными валиками, направленными в поперечном направлении относительно оси трубы. Второй и последующие чётные слои накладывают в продольном направлении относительно оси трубы. Сварку осуществляют «на подъем», ширина параллельных валиков не более 10 мм, перекрытие валиков не менее 3 мм. У каждого шва необходимо тщательно заправлять кратер и выводить его на шов, зачищать его шлифмашинкой.

1.4. Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение эффективности ремонта сварных соединений трубопроводов.

Операции базового технологического процесса ремонтной сварки магистрального газопровода предусматривают ручную дуговую сварку штучными электродами. Базовая технология имеет следующие недостатки: низкая производительность сварочных работ, высокая вероятность получения дефектов, тяжёлые условия труда сварщика, потери электродного металла на угар, разбрызгивание и огарки. Кроме того, снижение качества и производительности сварки происходит из-за необходимости останавливать процесс сварки при смене электрода, что является неустранимым при ручной дуговой сварке.

С учетом изложенного, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбрать современные технологии, результаты которых могут повлиять на повышение эффективности труда при ремонтной сварке магистральных трубопроводов;
2. Проанализировать выбранные технологии.
3. Разработать типовой технологический процесс ремонта;
4. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка варианта сварки с механизированной подачей присадочной проволоки.

2 Разработка технологического процесса ремонтной сварки

Устранить выявленные недостатки базовой технологии сварки можно применив муфтовые технологии ремонта. Установка ремонтной конструкции (муфты) — весьма эффективный и достаточно универсальный метод ремонта, позволяющий восстанавливать ресурс газопровода без вывода его из эксплуатации.

На практике применяется большое разнообразие конструкций муфт, и для систематизации конструктивных вариантов в работе [18] предложена классификация муфтовых технологий ремонта трубопроводов, рисунок 2.1.

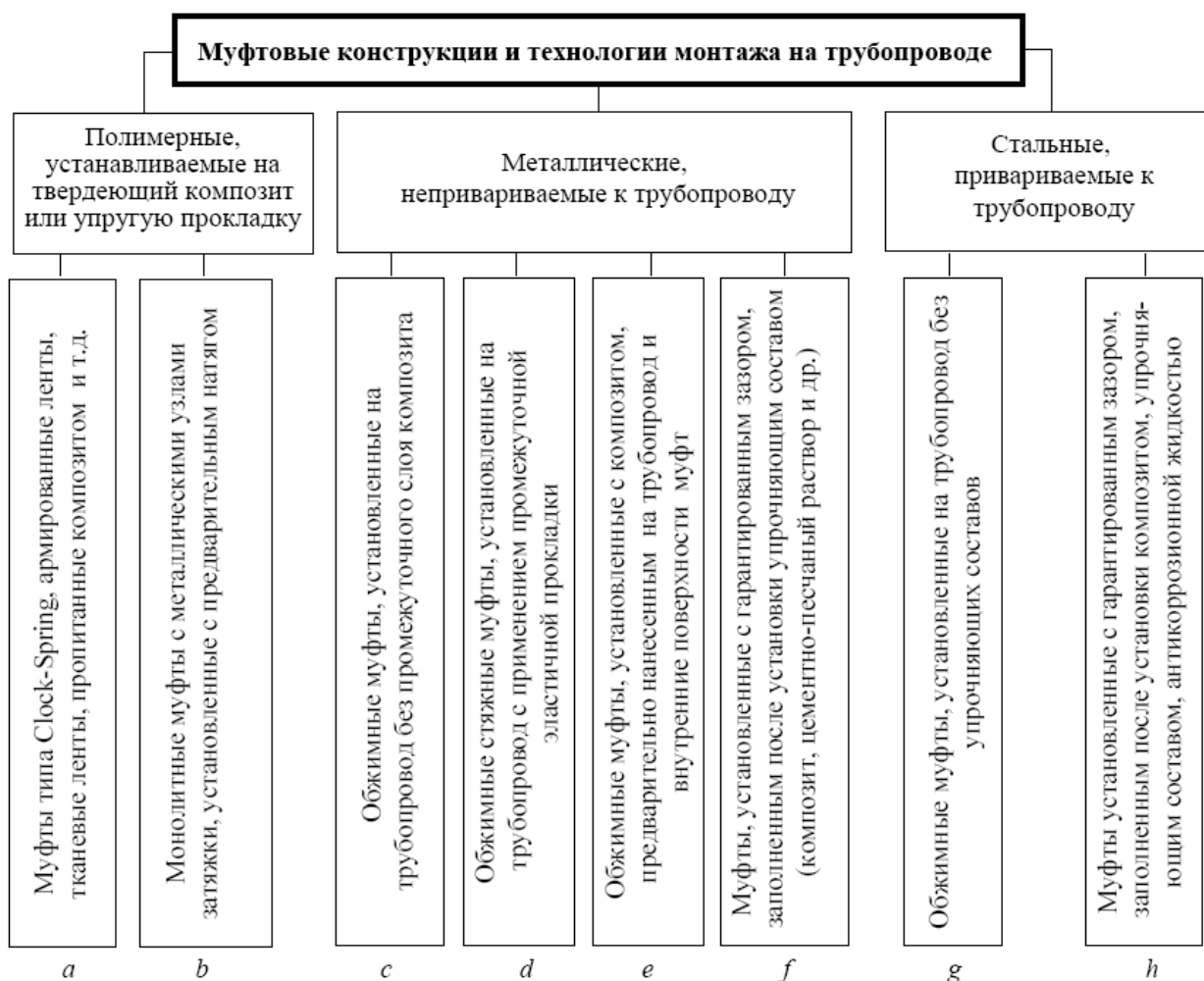
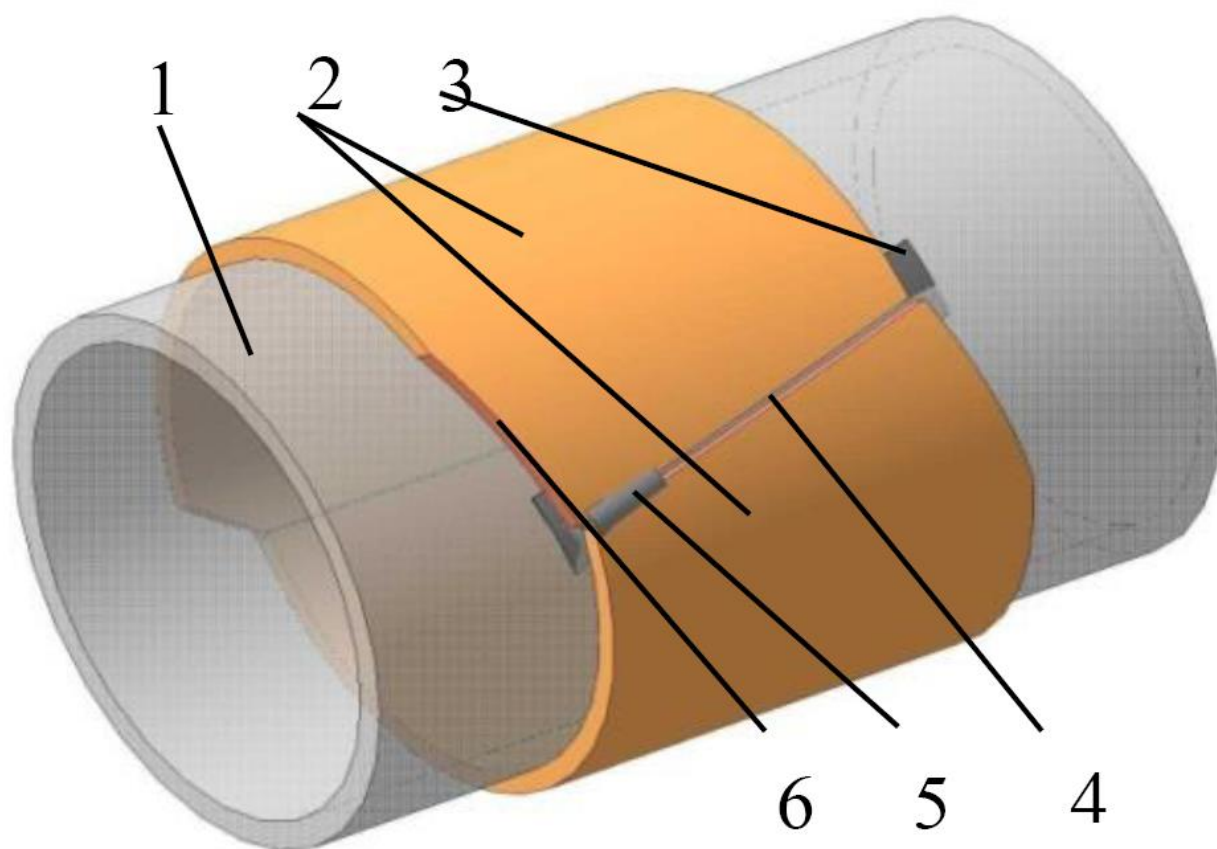


Рисунок 2.1 – Классификация конструктивно-технологических решений ремонта трубопроводов муфтовыми технологиями.

Анализ применяемых вариантов ремонтных конструкций (муфт) позволяет остановить выбор на варианте с кромками, выполненными под углом, рисунок 2.2. Путем перемещения полумуфт относительно оси ремонтируемого трубопровода обеспечивается полное прилегание кромок. Конечно, такие муфты, нетехнологичны при изготовлении. Кроме того, для данного варианта требуется подрезка кромок после установки. Это плохо тем, что может быть затронут ремонтируемый трубопровод в процессе подрезки.



1 – трубопровод; 2 – полумуфты; 3 – подкладная пластина;
4 – кромки; 5 – сварное соединение; 6 - подрезанные кромки.

Рисунок 2.2 – Муфта с косыми кромками

Первая операция технологического процесса ремонта муфтами – входной контроль включает в себя следующее:

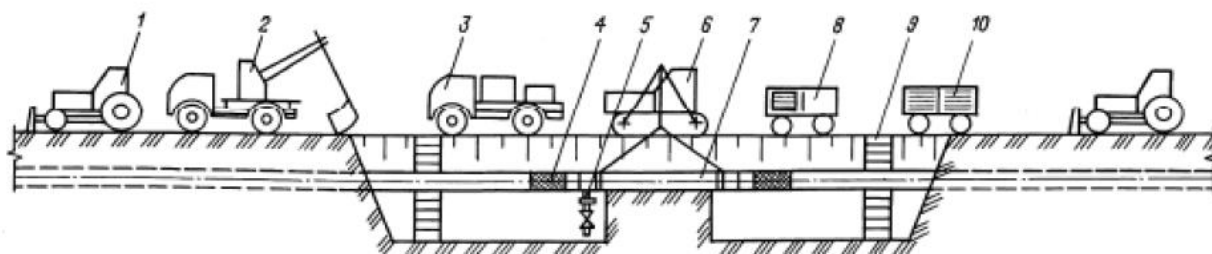
- проверку сопроводительных документов на вспомогательные материалы и проверку их качества;

- проверку сварочного и иного применяемого оборудования, контрольно-измерительных приборов и мерительного инструмента;
- проверку удостоверений и сертификатов у производственного персонала.

Перед началом ремонтных работ необходимо проверить соответствие муфты чертежам и провести ее визуальный осмотр. Муфта, в случае необходимости, с наружной и внутренней поверхности должна быть очищена от ржавчины шлифовальной машинкой с металлической щеткой. Дефекты в виде трещин, закатов, вмятин на поверхности муфты не допускаются.

В процессе ремонта по муфтовым технологиям выполняются заготовительные работы по нарезке из трубы муфт и разделке кромок. Муфтовые ремонтные конструкции состоят из двух симметричных полуобечеек, которые в процессе монтажа обжимают по наружной поверхности трубы для создания плотного контакта (натяга).

Технологическая схема ремонта с применением муфт показана на рисунке 2.3.



- 1 – бульдозер; 2 – экскаватор; 3 – ПНА-2; 4 – глиняные пробки; 5 – задвижка;
6 – кран – трубоукладчик; 7- муфта; 8 – электростанция; 9 – лестница;
10 – сварочный агрегат

Рисунок 2.3 – Технологическая схема ремонта муфтами.

Перед сборкой муфты необходимо провести очистку до металлического блеска кромок и прилегающих к ним наружной и внутренней поверхности муфт на ширину не менее 10,0 мм.

При установке на трубу муфта должна перекрывать дефект на расстоянии не менее 100 мм с каждой стороны, для труб диаметром до 300 мм - не менее 30% диаметра с каждой стороны.

При установке продольные швы муфты и ее элементов должны быть смещены друг относительно друга, а также от продольных швов труб нефтепровода на расстоянии не менее 100 мм.

Расстояние между началом (или концом) муфты и кольцевым стыком на нефтепроводе должно быть не менее 100 мм.

Все сварочные работы выполняются методом ручной дуговой сварки. Для ручной дуговой сварки муфты применяются электроды с основным видом покрытия. Марки электродов должны быть сертифицированы для трубопроводного строительства.

Применяется симметричная V-образная разделка или несимметричная (более экономичная) V-образная разделка.

Во избежание приварки муфты к основной трубе газопровода сварка продольных стыков должна проводиться на металлической подкладке толщиной 1,2-2,0 мм и шириной 35-40 мм. В качестве материала подкладки используется малоуглеродистая сталь (марок 10, 20, Ст.3).

Подкладка устанавливается по всей длине шва перед сборкой двух половин муфты на трубе. Подкладка должна выступать с каждой стороны продольного стыка на величину не более 30-40 мм. Перекос подкладки от оси шва не допускается. После сварки свободные концы подкладки удаляются с помощью шлифовальной машинки.

При установке муфты на трубу запрещается наносить удары кувалдой или другими предметами с целью получения необходимого обжатия.

После сборки муфты на трубе необходимо проводить проверку зазора и смещения стыкуемых кромок.

Одновременно должен проводиться контроль величины зазора между стенками муфты (или ее элементов) и основной трубой нефтепровода по всему периметру.

Непосредственно перед прихваткой и сваркой корневого слоя шва собранного продольного стыка необходимо провести предварительный подогрев кромок муфты.

При сварке продольных швов вход и выход дуги должен проводиться на технологических пластинах длиной 40-60 мм, которые предварительно прихватываются по краям муфты, а после сварки убираются шлифовальной машинкой.

Сварка муфты с трубой нефтепровода проводится кольцевыми угловыми швами посредством выполнения нахлесточного соединения.

В месте выполнения кольцевых угловых швов, соединяющих муфту и трубу газопровода предварительно выполняется проверка толщины стенки трубы.

Сварка проводится постоянным током обратной полярности. Сварка дополнительных валиков должна проводиться в противоположных квадрантах окружности трубы одновременно двумя сварщиками. Каждый сварщик должен располагаться на одной стороне нефтепровода.

Сварка кольцевых угловых швов муфты к трубе должна выполняться обратноступенчатым способом на корневом и заполняющих слоях и методом непрерывной сварки на облицовке.

Применяемый при данном способе ремонта контроль качества ремонтных работ и сварных соединений включает в себя:

- пооперационный контроль;
- визуальный контроль;
- контроль неразрушающими методами.

Пооперационный контроль выполняется в процессе проведения технологических операций.

При сборке сварных соединений под сварку проверяют:

- качество зачистки кромок и прилегающих к ним наружной и внутренней поверхностей;

- величину смещения стыкуемых кромок;
- величину технологических зазоров.

Перед установкой муфты на трубу проводится проверка подготовки поверхности трубы и дефектного участка.

При просушке или предварительном подогреве свариваемых кромок проводится контроль температуры подогрева.

В процессе выполнения сварных швов под контролем находятся такие параметры режима как сварочный ток, состояние применяемых сварочных материалов, время после прокалки электродов.

При визуальном контроле оценивается качество формирования продольных и кольцевых угловых швов, отсутствие наплывов, выходящих на поверхность дефектов, не заваренных кратеров и видимых подрезов.

Производится проверка геометрических размеров продольных, а также оценка формы кольцевых угловых швов в различных пространственных положениях.

Контроль качества кольцевых угловых швов (осуществляется после сварки отдельных элементов) должен проводиться методом ультразвуковой дефектоскопии.

3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта

3.1 Характеристика разработанного технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технологии ремонта повреждений магистральных газопроводов». Известно, что в процессе эксплуатации трубопроводы находятся под воздействиями нагрузок. Это могут быть статические нагрузки, динамические, с различным временем действия на трубопровод. Зачастую, следствием этого является возникновение дефектов трубопроводов. Появившиеся дефекты типа коррозионных раковин устраняют наплавкой. Однако при больших размерах дефекта приходится тратить много времени для заполнения всей выборки

В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при сварке дефектных участков трубопровода. Приварка на дефектный участок ремонтной конструкции. В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1. Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
2. Установка муфты	Слесарь-сборщик,	Центратор наружный	
3. Сварка	Сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Выпрямитель ВД-301, реостат балластный РБУ	Электроды типа Э50А
4. Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке трубопровода технологии предложена к внедрению механизированная сварка. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Трубы, муфты
2	Установка муфты	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Центратор наружный, трубы, муфты
3	Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Выпрямитель ВД-301, реостат балластный РБУ, электроды типа Э50А
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Трубопровод

3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 3.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 3.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и заготовки.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок сварки	Выпрямитель ВД-301, реостат балластный РБУ.	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; В) высокая температура окружающей среды; Г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия.

Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Ведомость технических средств

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

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

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

3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка	Входной контроль	-	-	-
	Установка муфты		Загрязнение гидравлической жидкостью при утечке из центратора.	
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 3.8 – Перечень технических и организационных процедур по исключению негативного действия выявленных факторов.

Наименование технического объекта	Сварка
1	2
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.

Продолжение таблицы 3.8.

1	2
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса ремонтной сварки магистрального трубопровода путем установки и приварки муфты. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по ремонтной сварке трубопровода. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги,

Для защиты задействованных в операции сборки и сварки стыков трубопровода работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и условия, при которых они перерастут в пожар. На основе выполненного анализа предложены уже применяемые на практике мероприятия технического и организационного характера, предотвращающие нанесение ущерба пожаром работникам и имуществу предприятия.

Выполненный анализ показал, что выполняемые на участке сварки производственные процессы могут нанести ущерб окружающей среде. Ущерб может быть нанесен как воздушной среде (атмосфера), водной среде (гидросфера), так и литосфере. В основном ущерб возможен по причине нарушения производственной санитарии. Однако загрязнение воздушной среды возможно из-за отсутствия на системе вытяжной вентиляции производственного участка фильтрующих устройств. Их монтаж в сочетании с мероприятиями по разъяснению правил производственной санитарии позволит предотвратить загрязнение атмосферы и литосферы.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросу повышения эффективности технологи ремонтной сварки трубопровода. Применяемый на предприятии вариант устранения дефектов трубопроводов магистральных предусматривает ручную дуговую наплавку штучными электродами дефекта типа коррозионная раковина. Предлагается вариант, в котором применяется ремонтная конструкция. Поскольку ремонтная конструкция охватывает тело трубы протяженность сварного шва, примерно, одинакова, но применение механизированной сварки позволяет выполнять сварные соединения с большей скоростью.

В соответствии с предлагаемой технологией ремонта дефектов магистрального трубопровода предусматривается выполнение следующих операций: 1) входной контроль заготовок, сварочных материалов и оборудования; 2) подготовительные операции применительно к дефектам труб для обеспечения высокого качества сварного соединения, очистка, предварительный подогрев; 3) сборка ремонтных конструкций под сварку; 4) прихватка и сварка; 5) контроль качества выполненных сварочных работ по ремонту дефектного участка трубопровода.

4.1 вводные данные для выполнения экономических расчетов применяемого варианта ремонта и предлагаемого

В данный раздел заносим данные, собранные во время преддипломной практики на предприятии а также имеющиеся в методических указаниях кафедры. Данные оформим в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Ц_{пл}$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	54120	130680
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

5.2 Расчет норм времени

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{н-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (4.1)$$

где $t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

t_0 – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{всп}$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{обсл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{п-з} = 1\%$ от t_0 .

Для базового и проектного варианта протяженность сварного шва составит $L_{\text{шва}} 314$ мм.

$$t_0 = \frac{M_{\text{НАПЛ}} \cdot L_{\text{ШВА}}}{I_{\text{СВ}} \cdot \alpha_{\text{ВН}}} \quad (4.2)$$

где $M_{\text{напл}}$ – масса наплавленного металла;

$I_{\text{св}}$ – сварочный ток;

A – коэффициент наплавки, г/А·час.

$$M_{\text{напл}} = \rho \cdot F_{\text{н}} \cdot 10^{-3}; \quad (4.3)$$

где ρ – плотность металла;

$F_{\text{н}}$ – площадь поперечного сечения сварного шва.

$$\begin{aligned} F_{\text{н}} &= F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 + 33 + 36 = \\ &= 198 \text{ мм}^2. \end{aligned}$$

$$M_{\text{напл}} = 7,8 \cdot 198 \cdot 10^{-3} = 1,54 \text{ кг/м.}$$

$$t_{\text{об}} = \frac{1,54 \cdot 0,314 \cdot 10^3}{120 \cdot 9} = 0,44 \text{ час}$$

$$t_{\text{опр}} = \frac{1,54 \cdot 0,314 \cdot 10^3}{200 \cdot 9} = 0,26 \text{ час}$$

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{\text{штб}} = 0,44 + 0,44 \cdot 0,1 + 0,44 \cdot 0,08 + 0,44 \cdot 0,05 + 0,44 \cdot 0,01 = 0,5452 \text{ час.}$$

$$t_{\text{штпр}} = 0,26 + 0,26 \cdot 0,1 + 0,26 \cdot 0,08 + 0,26 \cdot 0,05 + 0,26 \cdot 0,01 = 0,3081 \text{ час.}$$

4.3 Расчет фонда времени работы оборудования и количества оборудования, необходимого по технологическому процессу

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

:

$$\Phi_{\text{эф.}} = (D_{\text{раб.}} \cdot T_{\text{см.}} - D_{\text{пред.}} \cdot T_{\text{сокр.}}) \cdot S \cdot (1 - k_{\text{р.п.}}) \quad (4.4)$$

где $D_{\text{раб.}}$ - количество рабочих дней в году; (250);

$T_{\text{см.}}$ - продолжительность рабочей смены, час, (8);

$D_{\text{пред.}}$ - количество предпраздничных дней в году, (8);

$T_{\text{сокр.}}$ - сокращенная рабочая смена ($T_{\text{см.}} - 1$), час;

S – количество рабочих смен, (1);

$k_{\text{р.п.}}$ - коэффициент потерь времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{\text{эф.}} = (250 \cdot 8 - 8 \cdot 7) \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1827 \text{ час.}$$

Количество оборудования, необходимого по тех. процессу: установленная предприятием производственная программа составит 100 изделий в год.

Число рабочих мест (единиц оборудования), необходимых на каждую операцию составит:

$$n_{\text{расч}} = \frac{t_{\text{шт}} \cdot N_{\text{пр}}}{\Phi_{\text{эф.}} \cdot K_{\text{вн}}} \quad (4.5)$$

где $t_{\text{шт}}$ – штучное время изготовления, час ;

$N_{\text{пр}}$ – годовая программа, штук в год;

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования, час;

$n_{\text{расч}}$ – расчетное количество мест, шт.;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения нормы, 1,1.

$$n_{\text{расч.б}} = \frac{0,5452 \cdot 1000}{1827 \cdot 1,1} = 0,27 \text{ шт.}$$

$$n_{\text{расч.пр}} = \frac{0,3081 \cdot 1000}{1827 \cdot 1,1} = 0,15 \text{ шт.}$$

Принятое число рабочих мест: базовый вариант – $n_{\text{пр}} = 1$ шт, проектный вариант $n_{\text{пр}} = 1$ шт.

Коэффициент загрузки рабочих мест (оборудования) составит

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

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

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

$$K_{zб} = 0,27/1 = 0,27$$

$$K_{zпр} = 0,15/1 = 0,15$$

С учетом коэффициента загрузки принимаем число основных рабочих по одному в базовом и в проектном вариантах.

4.4 Капитальные вложения в оборудование

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}} \quad (4.7)$$

где $K_{\text{ПР}}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{\text{СОП}}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

:

$$K_{\text{ПР}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (4.8)$$

где $\sum \Pi_{\text{об}}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

$$K_{\text{прб}} = 35000 \cdot 0,27 = 9450 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 80000 \cdot 0,15 = 12000 \text{ руб.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

$$K_{\text{сop}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (4.9)$$

$K_{\text{монт}}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{\text{дем}}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{\text{площ}}$ – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (4.10)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 80000 * 0,2 = 16000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (4.11)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 35000 * 0,2 = 7000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * \Pi_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (4.12)$$

где: g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{площ}} = 3 * 3000 * 3 * 0,15 = 4050 \text{ руб}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 9450 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{ПР}} = 12000 + 16000 + 7000 + 4050 = 39050 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.13)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 9450 / 1000 = 9,45 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 39050 / 1000 = 39,05 \text{ руб.}$$

4.5 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов

Расчет технологической себестоимости ведем только по изменяющимся операциям технологического процесса. В нашем случае изменилась операция сварки.

Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на электродный сварочный материал (базовый вариант)

$$З_{элб} = M_{ЭЛБ} = C_{ЭЛ} \cdot Н_{св.мат}; \quad (4.14)$$

где $C_{ЭЛ}$ – цена электродов, руб/кг;

$Н_{св.мат}$ = норма расхода электродов, кг.

Норма расхода электродов

$$Н_{св.мат} = У \cdot L_{шва} \quad (4.15)$$

где – $У$ – удельная норма расхода сварочных материалов на 1 погонный метр шва, кг/м ;

$L_{шва}$ – длина сварного шва, м.

$$У = k_p \cdot M_{напл} \quad (4.16)$$

$$Уб = 1,1 \cdot 1,54 = 1,694 \text{ кг/м}$$

$$Н_{св.мат} = 1,654 \cdot 0,314 = 0,531 \text{ кг}$$

$$M_{ЭЛБ} = 640 \cdot 0,531 = 339,84 \text{ руб};$$

Затраты на электродную проволоку для проектного варианта

$$З_{элпр} = C_{ЭЛ} \cdot Н_{свмат}; \quad (4.17)$$

где $C_{ЭЛ}$ – цена электродной проволоки, руб/кг;

$Н_{свмат}$ = норма расхода электродной проволоки, кг.

Норма расхода проволоки

$$Н_{свмат} = У \cdot L \quad (4.18)$$

где – $У$ - удельная норма расхода сварочных материалов на 1 погонный метр шва, кг/м;

$L_{шва}$ – длина сварного шва.

$$У = K_p \cdot M_{напл}. \quad (4.19)$$

$$Y = 1,05 \cdot 1,54 = 1,617$$

$$Np_{\text{ЭЛ}} = 1,617 \cdot 0,314 = 0,507 \text{ кг}$$

$$M_{\text{ЭЛПР}} = 700 \cdot 0,507 = 355,42 \text{ руб.}$$

Затраты на защитный газ, только для проектного варианта.

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot N_{\text{з.г.}} \quad (4.20)$$

где $C_{\text{з.г.}}$ – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{\text{з.г.}}$ – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Норму расхода защитных газов определяем при сварке:

$$Np_{\text{з.г.}} = Y_{\text{з.г.}} \cdot L_{\text{шва}} + Y_{\text{доп.}} \quad (4.21)$$

где $Y_{\text{з.г.}}$ – удельная норма расхода защитного газа на 1 метр шва, по стандартам предприятия, л.

$Y_{\text{доп.}}$ – дополнительный расход газа на подготовительно-вспомогательной операции (продувка магистрали и т.д.), м³.

$$Y_{\text{доп.}} = t_{\text{всп}} \cdot D_{\text{зг}} \quad (4.22)$$

где $t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время, мин;

$D_{\text{зг}}$ – удельная норма расхода защитного газа за единицу времени, м³/мин.

$$Y_{\text{доп.}} = 1,56 \cdot 0,001 = 0,0015 \text{ м}^3 = 1,5 \text{ л.}$$

$$Np_{\text{з.г.}} = Y_{\text{з.г.}} \cdot L + Y_{\text{доп.}} = 50 \cdot 0,314 + 1,5 = 17,2 \text{ литр}$$

$$Z_{\text{з.г.}} = 0,05 \cdot 17,2 = 0,86 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в проектном варианте

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{элпр}} + Z_{\text{зг}} = 355,42 + 0,86 = 356,28 \text{ руб.}$$

Финансовые расходы на электроэнергию при ремонте дефектного участка трубопровода определим исходя из приведенной зависимости:

$$Z_{\text{э-э}} = \frac{P_{\text{об}} \cdot t_0}{\eta \cdot 60} \cdot C_{\text{э-э}} \quad (4.23)$$

где $P_{\text{об}} = I_{\text{св}} \times U_{\text{д}}$ – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении ремонтного сварного соединения, кВт;

$C_{\text{э-э}}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

t_0 – основное (машинное) время работы сварочного оборудования;

η – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

После подстановки в формулу (4.23) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$P_{об.б} = 120 \cdot 30 = 3600 \text{ Вт} = 3,6 \text{ кВт};$$

$$P_{об.пр} = 200 \cdot 27 = 5400 \text{ Вт} = 5,4 \text{ кВт}.$$

$$Z_{э-э б} = \frac{3,6 \cdot 0,545}{0,7 \cdot 60} \cdot 2,2 = 0,10 \text{ руб.}$$

$$Z_{э-э пр} = \frac{5,4 \cdot 0,308}{0,8 \cdot 60} \cdot 2,2 = 0,03 \text{ руб.}$$

Размер финансовых затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (4.30)$$

где $A_{об}$ – отчисления на амортизацию, руб.;

$P_{т.р}$ – отчисления на ремонт, руб.

Для определения отчислений на амортизацию воспользуемся формулой:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * На_{об} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 60 * 100} \quad (4.26)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;
 $На_{об}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{шт}$ – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$\Phi_{эф}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$A_{об}^Б = \frac{35000 \cdot 32,71 \cdot 18}{1827 \cdot 100 \cdot 60} = 1,80 \text{ руб.}$$

$$A_{об}^{ПР} = \frac{80000 \cdot 18,48 \cdot 18}{1827 \cdot 100 \cdot 60} = 2,40 \text{ руб.}$$

Для определения финансовых затрат на ремонт воспользуемся формулой:

$$P_{т.р} = \frac{Ц_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (4.27)$$

где $H_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

После подстановки в формулу (4.27) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$P_{тр}^Б = \frac{35000 * 35 * 0,27}{1827 * 100} = 1,81 \text{ руб.}$$

$$P_{тр}^{ПР} = \frac{80000 * 35 * 0,15}{1827 * 100} = 2,29 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию производственного оборудования

$$З_{об}^Б = 1,80 + 1,81 = 3,61 \text{ руб.}$$

$$З_{об}^{ПР} = 2,40 + 2,29 = 4,69 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$Z_{\text{площ}} = \frac{C_{\text{площ}} * S_{\text{площ}} * Na_{\text{площ}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 100 * 60} \quad (4.28)$$

где: $C_{\text{площ}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;

$Na_{\text{площ}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{площ}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$Z_{\text{площ}}^{\text{б}} = \frac{3000 * 8 * 2 * 32,71}{1827 * 100 * 60} = 0,14 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{площ}}^{\text{пр}} = \frac{3000 * 11 * 2 * 18,48}{1827 * 100 * 60} = 0,11 \text{ руб.}$$

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$:

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (4.29)$$

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.30)$$

где $C_{\text{ч}}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} * k_{\text{вн}} * k_{\text{у}} * k_{\text{нф}} * k_{\text{н}} \quad (4.31)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{нф}} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_H = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,057 * 1,133 = 1,81$$

После подстановки в формулу (4.30) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{оснб} = 0,545 \cdot 64,97 \cdot 1,81 = 66,56 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{оснпр} = 0,308 \cdot 53,26 \cdot 1,81 = 30,83 \text{ руб.}$$

Размер дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн} \quad (4.32)$$

где k_d – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

После подстановки в формулу (4.32) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{допб} = 66,56 \cdot 12 / 100 = 7,98 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доппр} = 30,83 \cdot 12 / 100 = 3,69 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп} \quad (4.33)$$

$$\Phi ЗПб = 66,56 + 7,98 = 74,54 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗПпр = 30,83 + 3,69 = 34,52 \text{ руб.}$$

Объём $O_{сн}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{сн} = \Phi ЗП \cdot N_{соц} / 100 \quad (4.34)$$

где $N_{соц}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.34) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{снб} = 74,54 \cdot 30 / 100 = 22,36 \text{ руб.}$$

$$O_{снпр} = 34,52 \cdot 30 / 100 = 10,35 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3М + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \Phi 3П + O_{\text{СН}} \quad (4.35)$$

$$\text{Стехб} = 339,84 + 74,54 + 22,36 + 0,1 + 1,80 + 1,81 + 0,11 = 440,56 \text{ руб.}$$

$$\text{Стехпр} = 356,28 + 34,52 + 10,35 + 0,03 + 2,40 + 2,29 + 0,14 = 406,01 \text{ руб.}$$

5.6 Цеховая себестоимость

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{цех}} = C_{\text{тех}} + P_{\text{цех}}; \quad (4.36)$$

где $P_{\text{цех}}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{\text{цех}} = 3_{\text{осн}} \cdot k_{\text{цех}} / 100$$

где $k_{\text{цех}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.36) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{цехб}} = 440,56 + 66,56 \cdot 2,5 = 440,56 + 166,40 = 606,96 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{цехпр}} = 406,01 + 30,83 \cdot 2,5 = 406,01 + 77,07 = 483,08 \text{ руб.}$$

5.7 Заводская себестоимость

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + P_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + k_{\text{зав}} \cdot 3_{\text{осн}} \quad (4.37)$$

где $P_{\text{зав}}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{зав}}$ – коэффициент общезаводских расходов, %

$$C_{\text{завб}} = 606,96 + 66,56 \cdot 1,8 = 606,96 + 119,81 = 726,77 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{завпр}} = 483,08 + 30,83 \cdot 1,8 = 483,08 + 55,49 = 538,58 \text{ руб.}$$

5.8 Калькуляция и структура себестоимости

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Структура себестоимости

№ п/п	Показатели	Усл. Обозн	Калькуляция, руб	
			Баз.	Проектн.
1	Затраты на материалы	М	339,84	356,28
2	Объём фонда заработной платы	ФЗП	74,54	34,52
3	Отчисления на соц. нужды	Осн	22,36	10,35
4	Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	3,61	4,69
5	Затраты на площади	Зпл	0,11	0,14
	Величина технологической себестоимости	Стех	440,56	406,01
6	Объём цеховых расходов		166,40	77,07
	Величина цеховой себестоимости	Сцех	606,96	483,08
7	Объём заводских расходов		119,81	55,49
	Величина заводской себестоимости	Сзав	726,77	538,58

5.9 Расчетное определение эффективности предложенных технических решений

Условно-годовую экономию $Пр_{ож}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (C_{зав}^б - C_{зав}^{пр}) \cdot N_{пр} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Э_{у.г.} = (726,77 - 538,58) \cdot 1000 = 188190 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект $Э_{г}$ при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Э_{г} = [(C_{зав}^б + E_{н} \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_{н} \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (4.40)$$

После подстановки в формулу (4.40) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\begin{aligned}\Delta \Gamma &= [(726,77 + 0,33 \cdot 9,05) - (438,58 + 0,33 \cdot 39,05)] \cdot 1000 = \\ &= 177533,50 \text{ руб.}\end{aligned}$$

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,545 - 0,308}{0,545} \cdot 100\% = 43\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.40)$$

После подстановки в формулу (4.40) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 43}{100 - 43} = 75\%$$

Снижение $\Delta C_{ТЕХ}$ технологической себестоимости труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta C_{полн} = \frac{C_{полнБ} - C_{полнПР}}{C_{полнБ}} \cdot 100\% \quad (4.41)$$

После подстановки в формулу (4.41) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta C_{\text{полн}} = \frac{14460 - 3936,93}{14460} \cdot 100\% = 72\%$$

Срок $T_{\text{ок}}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пробщ}}}{\mathcal{E}_{\text{уг}}} \quad (4.42)$$

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{\text{ок}} = \frac{39050}{177533} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2. \quad (4.45)$$

5.10 Заключение по разделу

Проведённые экономические расчёты подтвердили эффективность предлагаемых решений: уменьшается трудоёмкость на 43 %, увеличивается производительность труда на 75 %, уменьшается технологическая себестоимость на 72 %.

Внедрение предлагаемых решений в производство позволяет получить условно-годовую экономию в размере 188190 рублей.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений составляет 177533 рублей. Затраты на капитальные вложения, которые необходимо будет сделать для приобретения нового технологического оборудования, будут окуплены за 0,5 года.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о высокой эффективности предложенных решений, которые должны быть внедрены в производство.

Заключение

Анализ базового технологического процесса сварки показал, что его недостатки обусловлены недостатками технологического процесса ремонтной сварки штучными электродами.

Анализ известных решений по теме выпускной квалификационной работы позволил сформулировать задачи: 1. Выбрать современные технологии, результаты которых могут повлиять на повышение эффективности труда при ремонтной сварке магистральных трубопроводов; 2. Проанализировать выбранные технологии; 3. Разработать типовой технологический процесс ремонта.

Решая первую задачу, выполнен поиск и анализ научно-технической информации по вопросу ремонтной сварки, сформулированы основные направления по модернизации технологии ремонтной сварки.

Выполненный анализ возможных вариантов модернизации применяемой технологии сварки позволил рекомендовать применение ремонтных конструкций.

Решая вторую задачу, был предложен способ ремонтной сварки с применением ремонтных конструкций (муфт). Хотя материалоемкость ремонта существенно увеличивается, так как необходимо тратить металл на изготовление ремонтной конструкции, зато уменьшается количество наплавленного металла и термическое воздействие на ремонтируемый газопровод. Кроме того, уменьшить материалоемкость можно используя неповрежденные участки труб извлеченных из земли при ремонте варкой катушки для изготовления муфт.

Рассчитанный годовой экономический эффект с учетом капитальных вложений достигает 177000 рублей, можно сделать вывод о достижении цели работы.

Список используемых источников

1. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
2. Дорофеев, М.С. Ремонтная муфта с упругим слоем / М.С. Дорофеев // Изв. вузов. Нефть и газ. – 2001. – №2. – С. 66–73.
3. Ермаков, А.А. Перспективный метод ремонта трубопроводов / А.А. Ермаков, Б.А. Клюк, В.Г. Поляков, А.С. Диденко // Газовая промышленность. – 1989. – №3. С. 45–47.
4. Ермаков, А.А. Ремонт дефектов труб с использованием бандаж / А.А. Ермаков, Б.А. Клюк, В.Г. Поляков, М.М. Окрочедлов // Газовая промышленность. – 1989. – №8. С.58–61.
5. Иванова, Е.Ю. Влияние углов поворота муфт на напряженное состояние восстановленного участка трубопровода / Е.Ю. Иванова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12–1. – С. 43–47.
6. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
7. Горина, Л.Н. Промышленная безопасность и производственный контроль: учеб.-метод. пособие / Л.Н. Горина, Т.Ю. Фрезе. – ТГУ. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. 153 с.
8. Гордиенко, В.А. Экология: базовый курс для студентов небиологических специальностей: учеб. пособие для вузов / В.А. Гордиенко, К.В. Показеев, М.В. Старкова. – СПб.: Лань, 2014. – 633 с.
9. Середенок, В. А. Результаты исследования химического состава металла труб магистральных газопроводов при проведении капитального ремонта / В.А. Середенок, А.Ю. Михалев, Р.В. Агинеи, Р.А. Садретдинов, В.А. Лапин // Трубопроводный транспорт. – 2016 г. – №6. – С.36–40.

10. Зандберг, А. С. Напряжения в сварных соединениях и ремонтных конструкциях магистральных трубопроводов / А.С. Зандберг. М.: НИПКЦ Восход-А, 2008. 216 с.
11. Зандберг, А.С. Инженерная оценка конструктивных параметров ремонтных сварных муфт магистральных трубопроводов / А.С. Зандберг // Сварка и диагностика, 2009. № 6. С. 25–29.
12. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.
13. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Vodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
14. Пронин, А.И. Анализ влияния дефектов в объеме сварного шва на прочность стыка трубопровода / А.И. Пронин, И.Н. Андронов, Н.П. Богданов, С.С. Гаврюшин // Нефть, газ, бизнес. 2009. № 7-8. – С. 56-60.
15. Лукьянов, В.Ф. Ремонт конструкций и восстановления деталей сваркой и наплавкой: учеб. пособие / В.Ф. Лукьянов, Ю.Г. Людмирский, Н.Г. Дюргеров. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2011. 220 с.
16. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
17. Смирнов, И.В. Сварка специальных сталей и сплавов: Учебное пособие / И.В. Смирнов – Тольятти, издательство ТГУ, 2007. – 301 с.
18. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
19. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.

20. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
21. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
22. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
23. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
24. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
25. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
26. Федоров, А.Г. Расчетно-экспериментальная оценка работоспособности стальных обжимных муфт для ремонта трубопроводов / А.Г. Федоров // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2015. – № 2. – С.44–47.