

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 Совершенствование организации труда бригад сварщиков,
работающих вахтовыми методами

Студент

А.В. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.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 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение производительности бригад сварщиков при сварке магистральных трубопроводов.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Выбраны современные технологии, результаты которых могут повлиять на повышение эффективности труда при сварке магистральных трубопроводов;
2. Проанализированы выбранные технологии.
3. Разработан типовой технологический процесс сварки;
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 57 страниц при 5ти рисунках и 10ти таблицах. Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

Выполненный анализ ситуации показал, что перспективным вариантом сварки магистральных трубопроводов является применение механизированных и автоматических методов сварки. Разработан технологический процесс механизированной сварки порошковой проволокой. Применение передовых методов сварки позволяет снизить численность рабочих в бригаде.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений.....	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	6
1.2 Анализ свойств материала	8
1.3 Анализ технологии получения стыков	10
1.4 Организационные принципы комплектования бригад сварщиков.....	12
1.4 Задачи работы.....	15
2 Разработка технологического процесса с применением передовых методов сварки	17
3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта.....	25
3.1 Характеристика разработанного технического объекта	25
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	26
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	26
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	27
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	30
3.6 Заключение по разделу	31
4 Экономическая эффективность проекта.....	33
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов.....	33
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	35
4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам.....	37
4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов сварки	41
4.5 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений.....	50
4.6 Выводы по разделу.....	51
Заключение	53
Список используемых источников.....	54

Введение

Торговля полезными ископаемыми для России является важной статьей дохода. Однако почти 80% разведанных запасов углеводородов и минерального сырья находятся на севере России. При этом экономическая целесообразность освоения северных территорий традиционными методами находится под большим вопросом. Причем, проблемой является не только необходимость вложения средств в медицинскую отрасль, социально-культурную отрасль, поддержание бытовых условий на должном уровне. Следует помнить, что после истощения месторождений необходимо будет обеспечить занятость проживающего там населения. Таким образом, противоречие между высокими требованиями человека к среде своего обитания и необходимостью расширения освоения территорий привели к широкому развитию вахтовых методов организации труда.

Традиционно вахтовый метод подразумевает территориальную разобщенность мест проживания и приложения труда. В Советской России на научной основе проблемами вахтовой организации труда занялись с началом освоения месторождений полезных ископаемых в районах крайнего Севера. Результатом таких исследований стали методические рекомендации по организации работ вахтовым методом, набору персонала, адаптации работников к условиям заполярья. Потребовалась помощь ученых для решения таких организационных проблем, как проблемы охраны здоровья, социально-бытовые аспекты при проживании в условиях вахтовых поселков. На основе результатов проводимых исследований в Трудовой кодекс внесены соответствующие статьи.

При этом следует помнить, что вахтовый метод получает распространение не только в экономике России, но и в мировой практике. Экономика в планетарном масштабе переживает стадию глобализации, география работ все более расширяется, и феномен «удаленное рабочее место» получает все большее распространение.

В настоящее время на организацию труда вахтовым методом серьезное влияние оказывают следующие процессы: переход российских предприятий, занятых добычей полезных ископаемых в статус транснациональных; стремительная информатизация производительных сил, и как одно из следствий, уменьшение габаритов и качества функционирования оборудования. Другим важным последствием информатизации является улучшение обмена как производственной так и бытовой информацией между коллективом вахты и «большой землей».

Исходя из изложенного актуальной становится внесение изменений в нормативные документы, регламентирующие вахтовую организацию работ, особенно применительно к бригадам занятым на сварочных работах. Преимущественная область применения таких бригад – магистральные трубопроводы. Выполняемые такими бригадами работы включают в себя целый комплекс операций, для выполнения которых требуются специалисты самого разнообразного профиля. Комплектование и организация труда таких бригад по старым нормативам ведут, на наш взгляд, к излишне большой численности бригады, что в целом увеличивает фонд заработной платы. Кроме того, организация работ с учетом новых технологий обмена информацией позволяет увеличить эффективность управленческих решений, повысить производительность выполнения работ.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов и повышение производительности при организации работ вахтовыми методами бригад сварщиков.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

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. Однако трубы к месту монтажа можно доставить ограниченной длины. Поэтому в процессе строительства трубопровода возникает необходимость соединения тысяч труб. Общий вид участка трубопровода показан на рисунке 1.1.

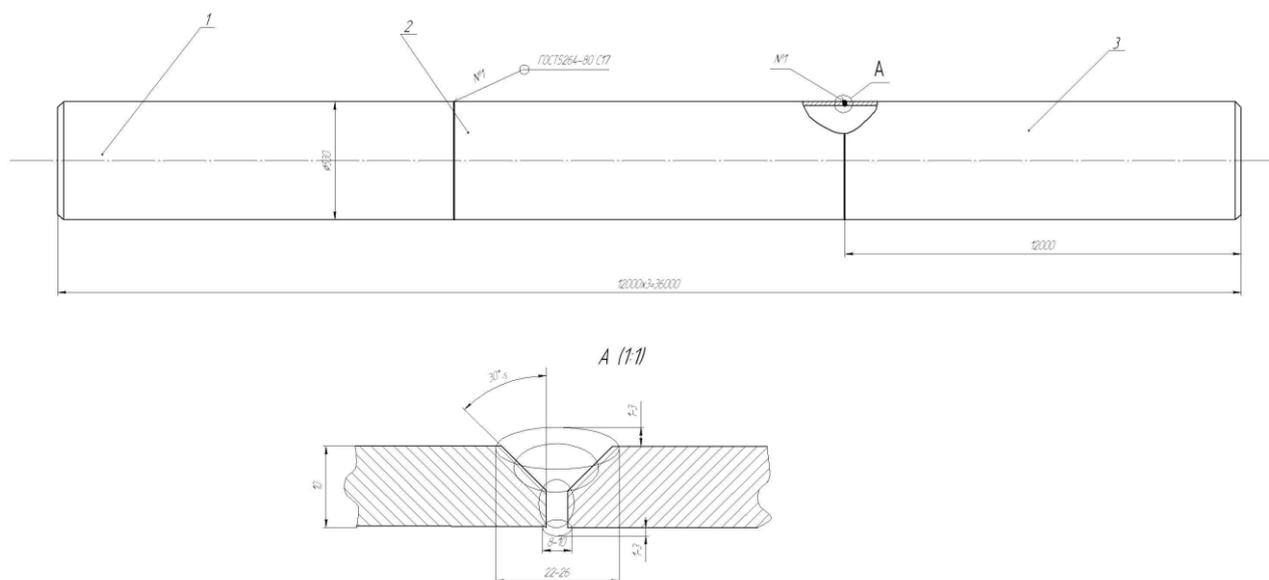


Рисунок 1.1 – Общий вид свариваемого трубопровода

Следует отметить, что чем больше диаметр труб, тем больше пропускная способность трубопровода. Также пропускная способность трубопровода увеличивается с увеличением давления перекачиваемого

продукта. Увеличение давления требует не только увеличения толщины стенок трубы, но и применения новых материалов. Так ГОСТ 10704-91 предусматривает для диаметра трубы 1420 мм толщины стенок от 21 мм до 30 мм. Сварка продольных швов таких труб на стане показана на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 - Сварка продольного шва

Применение новых материалов в деле строительства трубопроводов является тем более актуальным, что применительно к рассматриваемым условиям температура эксплуатации может опускаться в зимний период до -

50°C. Поэтому последнее время все чаще применяют высокопрочные трубы X70, X80, X90. Достижение высокой прочности перечисленных сталей обеспечивается применением микролегирующих добавок [1]. В качестве микролегирующих добавок вводят ванадий, молибден, ниобий. В работе [1] показано, что количество вводимого ниобия должно находиться в зависимости от содержания углерода. Для получения высоких механических свойств и свариваемости.

1.2 Анализ свойств материала

Химический состав сталей категории прочности X70 разный. Поэтому здесь корректно вести речь о композиции легирования. Так в таблице 1.1 приведены химические составы разных сталей категории прочности X70

Таблица 1.1 – Химический состав в % сталей категории прочности X70, (Fe – остальное)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Nb	Ti
0,044	0,31	1,76	0,022	0,0006	0,01	0,27	0,014	0,059	0,013
0,042	0,33	1,72	0,021	0,0007	0,008	0,27	0,017	0,059	0,013
0,06	0,27	1,75	0,38	0,001	0,009	0,03	0,05	0,068	0,026

Несмотря на высокие значения прочности стали, перечисленные в таблице 1.1, характеризуются высокими значениями пластических свойств. Так относительное удлинение первой и второй стали составляет 58 %. Для третьей стали относительное удлинение составляет 27%.

Рассмотрим свариваемость сталей категории прочности X70. Анализ свариваемости позволяет выбирать подходящие способы и режимы 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,

технологии 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]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cu}}{13} + \frac{\text{V}}{14} + \frac{\text{P}}{2},$$

Согласно расчетов сталь обладает свариваемостью, если значения углеродного эквивалента не превышают 0,25. Выполненные для приведенных в таблице 1.1 сталей расчеты углеродного эквивалента показывают на хорошую свариваемость данных сталей.

1.3 Анализ технологии получения стыков

Возможны различные варианты организации технологического процесса сварки магистрального трубопровода. Учитывая, что приходится иметь дело с большими диаметрами и большими объемами работ, применяют вариант с простым расчленением, рисунок 1.3, поточно-групповой, рисунок 1.3 и поточно-расчлененный, рисунок 1.4. Второй и третий варианты предпочтительны для очень больших объемов работ. Принципиальная разница заключается в том, что звенья сварщиков специализируются: одно звено выполняет корневой проход, другое звено выполняет «горячий проход». Характерно для поточно-расчлененного метода – сварка каждым сварщиком строго своего участка на одном режиме.

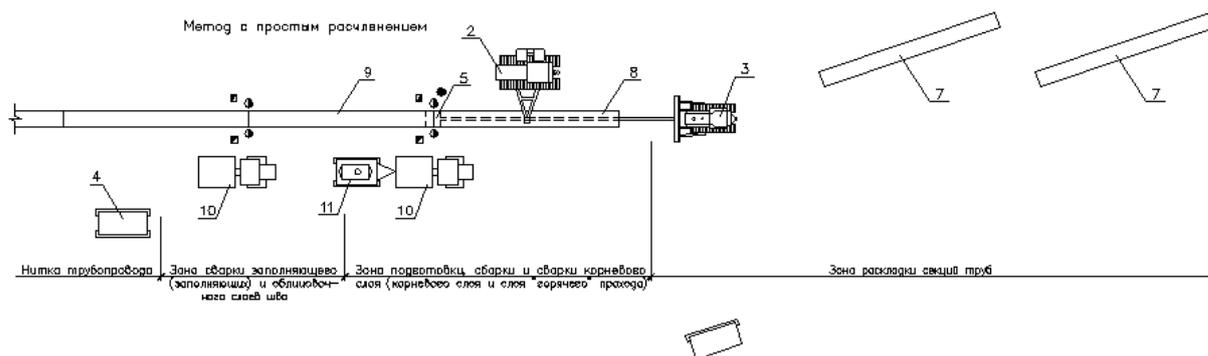


Рисунок 1.3 – Схема метода выполнения работ с простым расчленением.

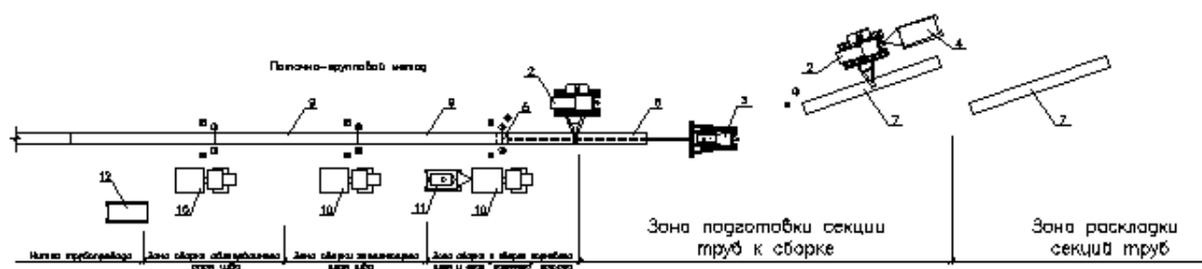


Рисунок 1.4 – Схема выполнения работ поточно-групповым методом

Перечень выполняемых работ при получении стыка примерно одинаков. Это подготовительные операции, операции сборки, операции сварки, операции контроля сварных швов и заключительные операции. В перечень подготовительных операций включаем выбор трассы будущего

необходимость в прерывании процесса сварки, то шов должен быть закрыт теплоизолирующим чехлом.

Во время выполнения операций сварки и после них выполняется контроль. Контролю подлежат сборка, прихватка, зачистка, величина межслойной температуры, параметры режимов сварки. Контроль осуществляется как самим сварщиком, так и контролерами. После выполнения операции сварки выполняется целый комплекс контрольных операций. Последовательность операций контроля следующая. Сначала выполняется визуально-измерительный контроль. Контролируется соответствие геометрических параметров сварного шва ГОСТ 16037-80. Затем контроль проникающими веществами и магнитопорошковый контроль. После чего рентгеновский контроль, ультразвуковой и контроль с применением внутритрубного измерительного прибора. Последовательность выполнения рентгеновского контроля до ультразвукового может быть изменена в зависимости от объемов контроля, указанных в документации.

По результатам контроля сварных соединений их разделяют на две категории «годен», «не годен». Дефектные стыки ремонтируют.

Затем следуют операции изоляционно-укладочных работ. И завершает все засыпка траншеи, при условии, что трубопровод подземный. Однако непосредственно к сварочным работам данные операции также отношения не имеют и занимают ими другие специалисты.

1.4 Организационные принципы комплектования бригад сварщиков

Приведенный анализ технологического процесса выполнения сварных стыков показывает, что бригада, выполняющая сварочные работы включает в себя разных специалистов. Оптимальный вариант организации таких бригад – бригада не должна являться сдерживающим фактором для темпов

выполнения работ. Традиционно такую бригаду комплектуют из звеньев:
подготовительного;
головного;
завершающего.

На подготовительное звено возложены следующие функции:
раскладка труб, или их секций, вдоль трассы будущего трубопровода;
очистка труб и места сварки;
контроль труб;
ремонт дефектных труб, если таковой возможен.

В подготовительное звено включают 3-4 человека, в том числе сварщик.

На головное звено возложены следующие функции:
перемещение и установка трубы в центратор, сборка;
предварительный подогрев или просушка;
сварка корневого слоя;
механическая обработка корневого слоя;
сварка горячего прохода;
снятие центратора.

Головное звено в своем составе содержит 10-11 человек, в том числе 4 сварщика.

На завершающее звено возложены следующие функции:
сварка заполняющих слоев и облицовочного слоя;
зачистка слоев от шлака.

Завершающее звено в своем составе содержит 20 человек, в том числе 10 сварщиков.

Отдельно выделяется ремонтная бригада в составе 4 человек, в том числе 1 сварщик.

Совместно с бригадой сварщиков на объект отправляется бригада контролеров.

При организации труда таких бригад следует учитывать как общие принципы организации труда вахтовыми методами, так и некоторые специфические особенности применительно к сварочным технологиям.

В первую очередь необходимо учитывать, что условия жизнедеятельности работников в вахтовых условиях могут быть квалифицированы как экстремальные – климат, низкие температуры, дефицит ультрафиолета, техногенные факторы, оторванность от семьи, изолированность малой группы. Полярная ночь и полярный день приводят к нарушениям сна. Следовательно, необходимо принимать во внимание при комплектовании адаптационные возможности участников вахты и соответствующим образом ими управлять при выполнении работ.

Эффективность вахтовой команды как производственной ячейки также во многом зависит от реализации потенциальных ожиданий и психологического климата в коллективе. Потенциальные ожидания, в первую очередь, касаются вопроса материальных благ. Важным представляются сроки реализации потенциальных ожиданий. При сроке реализации, приближающемся к 5 годам, эффективность вахтовой команды снижается, в первую очередь из-за высокой текучести кадров.

Специфика организации труда вахтовых бригад сварщиков с учетом развития информационных технологий, может меняться следующим образом. В настоящее время при проведении рентгеновского контроля все чаще от рентгеновских пленок переходят к детекторам. Применяются в настоящее время аналоговые детекторы. Основы такого детектора составляет CCD-матрица. Формируемый ею аналоговый сигнал обрабатывается на компьютере. Но при оцифровывании возможны потери части сигнала и ухудшение качества изображения.

Поэтому в настоящее время все шире применяют цифровые плоскочелюстные детекторы. Принцип работы аналогового и цифрового детектора примерно одинаков. Однако в цифровых детекторах преобразование аналогового сигнала в цифровой происходит внутри

детектора, а не на компьютере. Фотоны рентгеновских лучей, сталкиваясь с люминофором, преобразуются в видимый свет. Вспышки света с помощью фотодиодов преобразуются в серию электрических сигналов, которые затем преобразуются в цифровые сигналы. Большинство цифровых детекторов изготовлены на основе аморфного кремния со сцинтилляционным экраном на основе йодита цезия (CsI).

Современные аморфно-кремниевые плоскочелюстные детекторы характеризуются 16-битной глубиной изображения со способностью различить более 65 000 оттенков серого и наличием 1 миллиона пикселей.

Сформированное изображение может быть передано для анализа специалисту, находящемуся достаточно далеко от места контроля. Ну и понятное дело, нет необходимости в трудоемких работах по проявлению рентгеновской пленки.

Таким образом, возможно изменить, с учетом развития техники, принципы комплектования сварочных бригад.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – экономия материальных ресурсов и повышение производительности при организации работ вахтовыми методами бригад сварщиков.

При организации труда вахтовым методом в качестве законодательной основы принимается Постановление от 31 декабря 1987 года. Причем, измененный Трудовой кодекс от 20 октября 2013 года особых изменений не претерпел и во многом цитирует Постановление от 31 декабря 1987 года. Однако даже по сравнению с 2013 годом в настоящее время в сфере информационных технологий произошли существенные подвижки, которые оказали влияние как на обмен информацией между людьми, так и на производственные процессы.

Кроме того, развитие информационных технологий позволяет на стадии

комплектования бригады выполнять тестирование на предмет психологической совместимости.

Также есть ряд исследований касающихся повышения мотивации вахтовых коллективов к труду.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбрать современные исследования и технологии, результаты которых могут повлиять на формирование вахтовых бригад сварщиков;
2. Проанализировать и выдать организационные рекомендации по внедрению результатов исследований;
3. Выполнить анализ деятельности бригады на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка предлагаемого варианта комплектования сварочных бригад.

2 Разработка технологического процесса с применением передовых методов сварки

Устранить выявленные недостатки базовой технологии сварки можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов.

По выбору экономически целесообразного варианта замены ручного труда сварщика необходимо, в первую очередь, учитывать вид производства. Для условий массового и крупносерийного производства однотипной продукции рационально применять автоматические способы сварки. Реализуются они в заводских условиях в составе автоматических линий.

В условиях трассы предпочтительнее механизированные и ручные способы сварки.

Один из способов механизированной сварки – сварка в среде защитных или активных газов присадочной проволокой сплошного сечения. Способ позволяет значительно повысить производительность, так как потери времени на остановку процесса сварки, замену присадочного стержня и рестарт отсутствуют. Но данный способ в какой то степени ограничивает возможности технолога по управлению химическим составом наплавленного металла. В ряде случаев обмазка штучных электродов содержит легирующие компоненты.

Кроме того, стоимость некоторых газовых смесей, особенно содержащих большое количество аргона, высока.

Устранить приведенный здесь первым недостаток механизированной сварки в газовых смесях можно применив способ сварки порошковой проволокой, рисунок 2.1. Порошковая проволока по сути является вывернутым наизнанку штучным электродом, рисунок 2.2. Она может

применяться при обеспечении газовой защиты зоны горения дуги и без газовой защиты – самозащитная проволока.

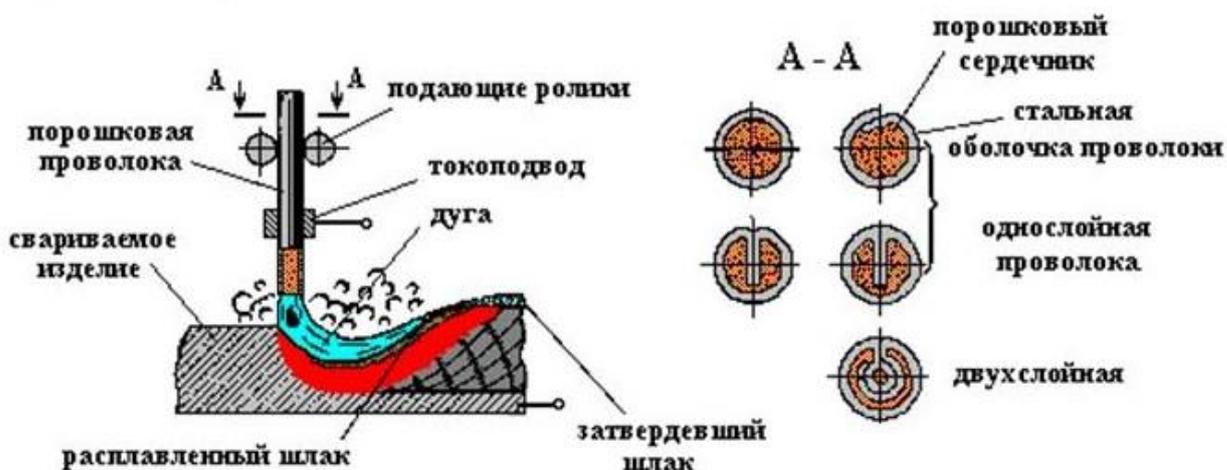


Рисунок 2.1 – Схема способа сварки порошковой проволокой



Рисунок 2.2 – Общий вид порошковой проволоки

Выбираем сварочную проволоку типа Иннершилд NR-207, NR-208S. Данная проволока аттестована и широко применяется при сварке магистральных трубопроводов.

При сварке стыков порошковой проволокой начальные операции технологического процесса – входной контроль, очистка труб, ремонт кромок, стыковка изменению не подвергаются.

При соединении труб магистральных трубопроводов самозащитной порошковой проволокой возможны следующие варианты выполнения сварного шва:

- 1) корневой слой и «горячий проход» - дуговая сварка штучными электродами с целлюлозным покрытием, заполнение разделки – проволокой Иннершилд;
- 2) корневой слой - дуговая сварка штучными электродами с целлюлозным покрытием, «горячий проход» и заполнение разделки – проволокой Иннершилд;
- 3) корневой слой - дуговая сварка штучными электродами с основным видом покрытия, заполнение разделки - проволокой Иннершилд.

При сварке по третьему технологическому варианту корневой слой шва должен выполняться электродами типа Э50А (Е7016 диаметром 2,5...3,25 мм марок ЛБ-52У, Линкольн 16П, Феникс К50Р.

При сварке по второму и первому технологическому вариантам корневой слой шва выполняется электродами типа Э42 – Э50 (Е6010-Е7010) диаметром 3,2...4,0 мм марок Флитвелд 5П+, Пайпвелд 6010, Фокс Цель. 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.

Рассмотрим подробнее первый вариант - корневой слой и «горячий проход» - дуговая сварка штучными электродами с целлюлозным покрытием, заполнение разделки – проволокой Иннершилд.

Сборку на внутреннем центраторе стыков труб под последующую сварку электродами с целлюлозным покрытием следует осуществлять без прихваток. Если в процессе установки зазора возникла необходимость в установке прихваток, то выполнять не менее трех, длиной не менее 100 мм каждая.

Сварка должна выполняться одновременно двумя сварщиками на постоянном токе. Пространственное положение для начала сварки первым сварщиком - 12 часов. Второй сварщик начинает процесс сварки с 0 часов с некоторой задержкой, после шлифовки начала шва, выполняемого его напарником. Направление сварки сверху - вниз.

Дугу следует возбуждать касанием электрода разделки кромок в зоне сварки. Зажигание дуги на теле трубы не допускается

Условия предварительного подогрева при сварке корневого слоя шва электродами с целлюлозным покрытием приведены в таблице 2.1. Сопутствующий подогрев может осуществляться однопламенной газовой горелкой.

Таблица 2.1 - Зависимость температуры предварительного подогрева от внешних условий

Эквивалент углерода, (Сэкв), %	Температура предварительного подогрева, °С										
	Толщина стенки, мм										
	≤11	11,1 - 12	12,1 - 13	13,1 - 14	14,1- 15	15,1- 16	16,1 - 17	17,1- 18	18,1 - 19	19,1 - 20	≥20
0,32 – 0,36	-	-	-	-	-	-	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	0	-
0,37-0,41	0	20	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>150</u>	<u>150</u>	<u>150</u>
0,42-0,46	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>150</u>	<u>200</u>							

- (-) подогрев не требуется;
- (100) подогрев до + 100°C;
- (150) подогрев до + 150°C;
- (200) подогрев до + 200°C;

Если нет нужды в предварительном подогреве, выполнять просушку свариваемых кромок и прилегающих к ним участков нагревом до температуры 20 - 50°C при температуре окружающего воздуха ниже +5°C либо при наличии влаги на кромках.

В определенных погодных условиях требуется применение палатки для защиты сварщика и сварочной ванны. Следует отметить, что при сварке порошковой проволокой защищенность сварочной ванны от воздействия ветра лучше.

После выполнения корневого слоя необходимо его зачистить абразивным кругом. Затем незамедлительно после окончания сварки корневого слоя, шва выполнить сварку "горячего прохода" на постоянном токе обратной полярности. При этом температура корневого слоя шва непосредственно перед сваркой "горячего прохода" (межслойная температура) не должна опуститься ниже 70° С.

Только после полного завершения сварки всего периметра корневого слоя шва и "горячего прохода" допускается снятие центратора внутреннего.

После выполнения горячего прохода необходимо его зачистить абразивным кругом.

Сварка последующих заполняющих и облицовочного слоев выполняется самозащитной проволокой типа Иннершилд NR-207, NR-208S диаметром 1,72 мм, 1,98 мм. Процесс сварки всегда ведется на постоянном токе прямой полярности, минус на проволоке.

Угол наклона горелки в процессе сварки постоянно меняется:

- в положении 12 час. угол 20-30°;
- от 12 час. до 3 час. угол наклона увеличивается до 45-50°;
- от 3 час. до 5 час. угол наклона до 0°;

- от 5 часов до 6 часов наклон горелки меняется на противоположный и доводится до 10-15°, «углом вперед».

Заполняющие и облицовочный слои выполняются по методу «слой за проход».

Режимы сварки порошковой проволокой типа Иннершилд фирмы линкольн электрик заполняющего, корректирующего и облицовочного слоев приведены в таблице 2.2, знаком * помечены рекомендуемые по результатам исследований.

Таблица 2.2 - Режимы при сварке труб порошковой проволокой NR-207, NR-208S диаметром 1,72 мм и 1,98 мм

Наименование слоя	Марка проволоки					
	NR-207, NR-208S Диаметром 1,72 мм			NR-208S диаметром 1,98 мм		
	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А	Скорость подачи проволоки, дюйм/мин	Напряжение дуги, В	Сварочный ток, А
Заполняющий	90	18	230	90	19	235
	100*	19*	240	100*	20*	245
	110*	20*	250	110*	21*	265
	120	21	260	120*	22*	290
				130	23	310
Корректирующий	80*	18*	225	80*	19*	230
	90*	19*	245	90*	20*	240
Облицовочный	80*	17*	225	80*	18*	225
	90*	18*	235	90*	19*	235
	100	19	245	100	20	245

После окончания сварки заполняющего слоя произвести тщательную зачистку поверхности металлической дисковой щеткой. Использование металлической дисковой щетки обусловлено тем, что проплавление шва больше, и шлаковые включения удаляются более энергично. Чем при сварке штучными электродами.

Рекомендуется недозаполнить разделку на 1-2 мм в нижнем и потолочном положениях для чего последний заполняющий слой может не выполняться по всему периметру стыка (только в положении 1-5 час).

Выполнить сварку по центру разделки дополнительного (корректирующего) слоя в положении 1-5 час (ориентировочно). Корректирующий слой должен довести заполнение разделки в вертикальном положении практически до состояния "заподлицо". В некоторых случаях, если не удалось полностью заполнить разделку в вертикальном положении, на небольшом участке (ориентировочно в положении 2³⁰-3³⁰) выполняется второй корректирующий слой.

Выполнять послыйную зачистку от шлака и брызг. При выполнении заполняющих; слоев обрабатывать шлифкругом участки начала и конца сварки, а также замков.

Выполнить облицовочный слой. Облицовочный слой шва и прилегающая поверхность труб должны быть подвергнуты чистовой обработке дисковой проволочной щеткой для очистки поверхности от шлака и брызг.

В процессе сварки заполняющих слоев следует следить за межслойной температурой. Она должна находиться в диапазоне 50...200 °С. Оптимальный уровень межслойной температуры - 120... 150 °С.

В случае остывания стыка ниже +50°С (особенно в зимнее время) необходимо произвести сопутствующий подогрев до температуры 100 °С. Сопутствующий подогрев может осуществляться однопламенной газовой горелкой.

В случае необходимости непродолжительного перерыва в работе рекомендуется накрыть стык термоизолирующим поясом. При этом перед началом сварки следует проконтролировать температуру стыка и при его охлаждении ниже +50 °С возобновлять работу допускается только после повторного подогрева стыка до температуры 100°С.

Не допускается оставлять стык незаконченным при толщине стенки <10 мм. Сварные соединения с толщиной стенки более 10 мм могут быть оставлены незаконченными в случае, если высота сварного шва составляет не менее 2/3 толщины стенки трубы.

Перерыв в сварке не должен составлять более 24 часов.

Незавершенные стыки труб непосредственно после окончания сварки следует накрыть водонепроницаемым термоизолирующим поясом, обеспечивающим его медленное и равномерное остывание.

При нарушении вышеприведенных условий стык подлежит вырезке.

Процесс дуговой сварки следует начинать и заканчивать на расстоянии не менее 100 мм от продольного шва трубы или детали.

Место начала и окончания процесса сварки каждого слоя (замок шва) должно располагаться на расстоянии не менее 20 мм от замков предыдущего слоя шва.

При сварке штучными электродами и порошковой проволокой категорически запрещается применять присадки, подаваемые дополнительно в зону дуги или закладываемые в разделку кромок.

Каждый стык должен иметь клеймо, которое выполняется маркерами (или несмываемой краской) в верхней полуокружности трубы слева по ходу газа на расстоянии 100-150 мм от стыка. Запрещается маркировка сварочной дугой.

Ремонт стыков, сваренных по комбинированной технологии «ручная дуговая сварка + полуавтоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой», осуществляется только электродами с основным видом покрытия согласно и технологической карте ремонта стыков.

3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта

3.1 Характеристика разработанного технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Совершенствование организации труда бригад сварщиков, работающих вахтовыми методами». Рассмотрена организация вахтовых бригад занимающихся сваркой магистральных трубопроводов. Применяемый технологический процесс дуговой сварки стыков магистральных труб штучными электродами характеризуется низкой производительностью.

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при сварке стыков магистрального трубопровода. Понятное дело, что организация труда бригад сварщиков при этом претерпевает изменения. В связи с этим следует выполнить анализ предлагаемых технических мероприятий, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 3.1 - 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. Сборка труб	Слесарь-сборщик,	Центратор наружный	
3. Сварка	Сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Агрегат сварочный Коммандер-400	Проволока сварочная «Иннершилд»
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 порошковой проволокой. 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
2	Сборка труб	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.	Агрегат сварочный Коммандер-400, проволока сварочная «Иннершилд»
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	Агрегат сварочный Коммандер-400.	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.

Для первичного тушения пожаров применим огнетушитель химический пенный ОХП-10 предназначен для тушения пожаров химической пеной, которая образуется в результате воздействия щелочной и кислотной частей заряда.

Перечень иных средств для комплектования производственного участка с целью обеспечения на нем пожарной безопасности 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 трубопровода	Входной контроль	-	-	-
	Сборка труб		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 трубопровода
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 сварки стыков магистрального трубопровода механизированной сваркой с применением порошковой проволоки. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сварке магистрального 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 проекта

По базовому варианту технологического процесса сварки стыков магистрального трубопровода применяется дуговая сварка штучными электродами. Результаты анализа научно-технической и патентной литературы позволили рекомендовать для проектного варианта механизированную сварку порошковой проволокой.

Сопоставительный анализ двух вариантов, базового и проектного, приведен в таблице 4.1. В таблице рассмотрены выявленные в 1 разделе работы недостатки базовой технологии сварки и принцип их устранения при использовании механизированной сварки.

Таблица 4.1 – Сопоставительный анализ базового и проектного варианта технологии

Базовая технология	Проектная технология
Сварка штучными электродами предусматривает необходимость контроля большого количества параметров процесса. Для сварки по базовой технологии требуются рабочие высокого разряда и размер тарифной ставки у них, соответственно, высокий.	По предложенному варианту механизированной сварки модулятор подает присадочную проволоку в зону горения сварочной дуги импульсами, уменьшается количество параметров техпроцесса, которые нужно контролировать. Можно поставить на операцию рабочего с меньшим разрядом, и, соответственно, меньшей тарифной ставкой.
Скорость сварки низкая, так как при высокой скорости сварки возможны непровары.	При той же силе тока за счет реализации переноса металла в момент образования капли меньше разбрызгивание, лучше условия формирования ша и скорость сварки может быть больше.

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов

Исходные данные необходимые для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса, занесены в таблицу 4.2.

Таблица 2.2 – 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		V	IV
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	95,29	84,87
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	$На$	%	18	18
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
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	$C_{зксп}$	$(Р/м^2)/год$	2000	2000

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5
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.	40000	70000
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 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	-	1,72	1,72
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,97	1,97

4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

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_{n-3} – подготовительно-заключительное время, $t_{n-3} = 0,05\%$ от t_0

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

t_g – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_g = 10\%$ от t_0 ;

$t_{omл}$ – 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: $t_{omл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – 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: $t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, в картах технологического процесса заложено 1% от t_0 .

В базовом и проектном варианте длина сварного шва стыка трубопровода одинаковая и составит $L_{шва} = 3202$ мм (труба 1020 мм).

Нормы машинного времени определим из карт технологического процесса.

$$t_{МАШБ} = 0,4 \text{ час}$$

$$t_{МАШПР} = 0,25 \text{ час} .$$

Рассчитанные по зависимости 2.1 нормы штучного времени в часах сводим в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – расчет норм времени

Вариант	$t_{\text{маш}}$	$t_{\text{всп}}$ 10%	$t_{\text{обсл}}$ 8%	$t_{\text{отл}}$ 5%	$t_{\text{п-з}}$ 1%	$t_{\text{шт}}$
Применяемый:	0,4	0,06	0,04	0,02	0,004	0,524
Предлагаемый	0,25	0,0375	0,025	0,0125	0,0025	0,3275

4.3 Размер капитальных затрат реализации операций по базовому и проектному вариантам

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

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}} \quad (4.2)$$

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:

$$K_{\text{ПР}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (4.2)$$

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

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки вначале определим требуемое количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам согласно формулы:

:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60} \quad (4.4)$$

где: $N_{\text{пр}}$ – годовая программа – принятое ранее количество стыков трубопровода, которые необходимо сварить за одни календарный год при

выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 3000 шт.;

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

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

Необходимое количество оборудования, определенное по (5.7) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{об.прин}$).

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле::

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (4.8)$$

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:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (4.9)$$

где: D_k – всего дней в году;

$D_{вых}$ – всего выходных в году;

$D_{пр}$ – всего праздничных дней в году;

$T_{см}$ – длительность рабочей смены на предприятии, час;

S – принятое на предприятии количество рабочих смен;

$k_{р.п}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$\Phi_{эф.} = (365 - 110 - 14) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$n_{об.расчетн.б} = \frac{3000 * 31,44}{1812 * 60} = 0,86 \text{ шт}$$
$$n_{об.расчетн.пр} = \frac{3000 * 19,65}{1812 * 60} = 0,54 \text{ шт}$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$k_{зб} = \frac{0,86}{1} = 0,86$$
$$k_{зпр} = \frac{0,54}{1} = 0,54$$

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$K_{прб} = 40000 \cdot 0,86 = 34400 \text{ руб.}$$
$$K_{прпр} = 70000 \cdot 0,54 = 37800 \text{ руб.}$$

Объём $K_{соп}$ сопутствующих капитальных вложений при выполнении операций технологического процесса по проектной технологии определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{соп} = K_{монт} + K_{дем} + K_{пощ} \quad (4.10)$$

$K_{\text{монт}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения монтажа оборудования для проектного варианта технологии;

$K_{\text{дем}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения демонтажа оборудования применяемого в базовом варианте технологии;

$K_{\text{площ}}$ – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

Затраты $K_{\text{МОНТ}}$ на монтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{МОНТ}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{МОНТ}} \quad (4.11)$$

где $k_{\text{монт}}$ – величина коэффициента, определяющего долю расходов на монтаж оборудования, $k_{\text{МОНТ}} = 0,2$.

$$K_{\text{МОНТ}} = 70000 \cdot 0,2 = 14000 \text{ руб}$$

Затраты $K_{\text{ДЕМ}}$ на демонтаж оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому варианту, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{ДЕМ}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{ДЕМ}} \quad (4.12)$$

где $k_{\text{дем}}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его демонтаж., $k_{\text{ДЕМ}} = 0,2$

$$K_{\text{ДЕМ}} = 40000 \cdot 0,2 = 8000 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot \Pi_{\text{ПЛОЩ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (4.13)$$

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

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{ПР}} = 34400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 37800 + 14000 + 8000 + 5400 = 65200 \text{ руб.}$$

Размер $K_{уд}$ удельных капитальных вложений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (4.14)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$K_{уд}^{БАЗ} = 34400/3000 = 11,46 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 65200/3000 = 21,73 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет заводской себестоимости базового и проектного вариантов сварки

Общий размер финансовых расходов на материалы определяется как сумма расходов на основные материалы и вспомогательные:

$$ЗМ = ЗМ_{осн} + ЗМ_{всп}$$

Поскольку конструкция изделия изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

При сварке стыков трубопровода используются сварочные материалы. Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки, для которой сварочным материалом являются штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение механизированной сварки порошковой проволоки в защитном газе, для которой сварочными материалами будут порошковая проволока и углекислый газ. Затраты на сварочные материалы, которые будут использованы при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, вычисляем согласно формуле:

$$ЗМ_{эл.} = N_{эл.} \cdot Ц_{эл.} \quad (4.16)$$

где $C_{\text{ЭЛ}}$ – цена, определённая для сварочного материала по каталогам предприятий, которые представлены в сети ИНТЕРНЕТ, руб/кг;
 $N_{\text{ЭЛ}}$ – расход штучных электродов согласно нормативам, кг.

$$N_{\text{ЭЛ}} = Y \cdot L_{\text{ш}} \quad (4.17)$$

где Y – расход штучных электродов на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш}}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (4.18)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,7;

$M_{\text{напл.мет}}$ – общее количество присадочного материала, штучных электродов, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.19)$$

где ρ – плотность стали – материал штучных электродов, 7,8 г/см³;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{ш}} = 72 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$N_{\text{ЭЛ}} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг.}$$

$$ЗМ_{\text{ЭЛБ}} = 88 \cdot 0,227 = 19,99 \text{ руб;}$$

$$ЗМ_{\text{Г}} = 19,99 \text{ руб.}$$

Для предлагаемой в проектном варианте технологии сварки магистральных трубопроводов в качестве вспомогательных материалов используют присадочную проволоку и защитный газ, суммарные расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{СВПР}} = ЗМ_{\text{СВПР}} + З_{\text{Г}} \quad (4.20)$$

Расходы на закупку присадочной проволоки определим по формуле:

$$ЗМ_{\text{СВПР}} = C_{\text{пр}} \cdot N_{\text{пр}} \quad (4.21)$$

где $C_{\text{пр}}$ – стоимость применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, руб/кг;
 $H_{\text{пр}}$ - норма расхода применяемой в проектной технологии присадочной проволоки, кг.

Для определения нормы расхода применяемой в проектной технологии порошковой присадочной проволоки воспользуемся формулой:

$$H_{\text{пр}} = Y \cdot L_{\text{ш}} \quad (4.22)$$

где Y - расход сварочной проволоки на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{\text{ш}}$ – общая протяженность сварного соединения, м.

$$Y = k_p \cdot M_{\text{напл.мет}} \quad (4.23)$$

где k_p – коэффициент расхода сварочных материалов, 1,05;

$M_{\text{напл.мет}}$ – общее количество присадочного материала, присадочной проволоки, нужных для формирования сварного соединения, кг.

$$M_{\text{напл.мет}} = \rho \cdot F_{\text{ш}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.24)$$

где ρ – плотность стали – материал присадочной проволоки, 7,8 г/см³;

$F_{\text{ш}}$ – площадь поперечного сечения шва, $F_{\text{ш}} = 72 \text{ мм}^2$.

$$M_{\text{напл.мет}} = 7,8 \cdot 72 / 1000 = 0,56 \text{ кг.}$$

$$Y = 1,7 \cdot 0,56 = 0,95 \text{ кг/м.}$$

$$H_{\text{пр}} = 0,95 \cdot 0,238 = 0,227 \text{ кг}$$

$$3M_{\text{свпр}} = 69 \cdot 0,227 = 15,66 \text{ руб.}$$

Расходы на применяемый для защиты сварочной ванны газ, в предлагаемом варианте углекислый, определим по формуле:

$$Z_{\text{з.г.}} = C_{\text{з.г.}} \cdot H_{\text{з.г.}} \quad (4.25)$$

где $C_{\text{з.г.}}$ – рыночная стоимость одного литра защитного газа в рублях;

$H_{\text{з.г.}}$ – норма расхода используемого в предлагаемом варианте технологии защитного газа в литрах на 1 погонный метр шва.

Норма расхода вычисляется по зависимости:

$$H_{з.г.} = Y_{з.г.} \cdot L + Y_{доп} \quad (4.26)$$

где $Y_{з.г.}$ – расход защитного газа непосредственно на выполнение сварного шва, л.

$$Y_{з.г.} = q_{з.г.} \cdot t_o \quad (4.27)$$

где $q_{зг} = 10$ л/мин;

t_o - вычисленное по формуле (4.2) время сварки шва.

$$Y_{з.г.} = 10 \cdot 1,62 = 16,2 \text{ л}$$

$Y_{доп.}$ – учитывает дополнительный расход газа на операции не связанные с формированием шва, m^3 .

$$Y_{доп} = t_{всп} \cdot q_{зг} \quad (4.28)$$

где $t_{всп}$ – время расхода газа, мин;

$q_{зг}$ – норма расхода газа в единицу времени, $m^3/\text{мин}$.

$$Y_{доп} = 10 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ л.}$$

$$H_{з.г.} = 16,2 \cdot 0,687 + 0,5 = 11,62 \text{ л.}$$

$$Z_{з.г.} = 0,011 \cdot 50 = 0,55 \text{ руб.}$$

Для проектного варианта общая сумма расходов на вспомогательные материалы составит:

$$ZM_{пр} = 15,66 + 0,55 = 16,21 \text{ руб.}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_o}{КПД} Ц_{э-э} \quad (4.29)$$

где $P_{об}$ – мощность, расходуемая оборудованием при выполнении сварного соединения, кВт;

$Ц_{э-э}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия оборудования, задействованного при выполнении сварного соединения.

Мощность расходуемую оборудованием при выполнении сварного соединения вычислим по режимам сварки: сила сварочного тока и напряжение дуги.

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

$$P_{\text{обпр}} = 210 \cdot 30 = 6300 \text{ Вт} = 6,3 \text{ кВт}$$

После подстановки в формулу (4.13) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Z_{\text{э-э}}^{\text{Б}} = \frac{3,6 \cdot 0,4}{0,7} 3,02 = 2,05 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{э-э}}^{\text{ПР}} = \frac{6,3 \cdot 0,25}{0,75} 3,02 = 2,1 \text{ руб.}$$

На следующем этапе выполняем расчет затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования как суммы затрат на амортизацию и ремонт.

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

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

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

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{\text{об.}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{об}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.31)$$

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

$N_{\text{об}}$ – норма амортизации оборудования, %;

После подстановки в формулу (4.31) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$A_{\text{об}}^{\text{Б}} = \frac{40000 \cdot 31,44 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 2,08 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{об}}^{\text{пр}} = \frac{70000 \cdot 19,20 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 2,22 \text{ руб.}$$

Финансовые потери на ремонт оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$P_{\text{т.р}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot N_{\text{т.р}} \cdot k_3}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} \quad (4.32)$$

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

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

$$P_{\text{тр}}^{\text{б}} = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,86}{1812 \cdot 100} = 6,64 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тр}}^{\text{пр}} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0,54}{1812 \cdot 100} = 7,30 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$Z_{\text{об}}^{\text{б}} = 2,08 + 6,64 = 8,72 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об}}^{\text{пр}} = 2,22 + 7,30 = 9,52 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{площ}} = \frac{C_{\text{площ}} \cdot S_{\text{площ}} \cdot N_{\text{ампл}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (4.33)$$

где $C_{\text{площ}}$ – цена 1 м^2 производственной площади, руб.;

$N_{\text{ампл}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{площ}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м^2 ;

$$Z_{\text{площ}}^{\text{б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 31,44}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,20 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{площ}}^{\text{пр}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 19,20}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,17 \text{ руб.}$$

Объём фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $Z_{осн}$ и дополнительной заработной платы $Z_{доп}$.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{осн} + \text{ЗПЛ}_{доп} \quad (4.34)$$

где $\text{ЗПЛ}_{осн}$ - основная зарплата;

$\text{ЗПЛ}_{доп}$ - дополнительная зарплата.

Объём $Z_{осн}$ основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{осн} = t_{шт} \cdot C_{ч} \cdot k_{зпл} \quad (4.35)$$

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

$t_{шт}$ – штучное время, час;

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

$$k_{зпл} = k_{пр} \cdot k_{вн} \cdot k_{у} \cdot k_{пф} \cdot k_{н} \quad (4.36)$$

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

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

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

$k_{пф} = 1,057$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{н} = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{зпл} = 1,25 \cdot 1,1 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

После подстановки в формулу (4.35) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$\text{ЗПЛ}_{осн}^B = 0,524 \cdot 95,29 \cdot 1,79 = 89,37 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{осн}^{ПР} = 0,327 \cdot 84,87 \cdot 1,79 = 49,67 \text{ руб.}$$

Объём $Z_{доп}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{доп} = \frac{k_{д}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{осн} \quad (4.37)$$

где k_d – принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы - 10%.

После подстановки в формулу (4.37) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$ЗПЛ_{ДОП}^B = 89,37 \cdot 10/100 = 8,93 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{ДОП}^{IP} = 49,67 \cdot 10/100 = 4,96 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_B = 89,37 + 8,93 = 98,30 \text{ руб.}$$

$$\Phi ЗП_{IP} = 49,67 + 4,96 = 54,63 \text{ руб.}$$

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

$$O_{CH} = \Phi ЗП \cdot H_{COЦ} / 100 \quad (4.38)$$

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

После подстановки в формулу (4.10) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{CH}^B = 98,30 \cdot 30/100 = 29,40 \text{ руб.}$$

$$O_{CH}^{IP} = 54,63 \cdot 30/100 = 16,38 \text{ руб.}$$

Значение $C_{цех}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{ТЕХ} = ЗМ + З_{Э-Э} + З_{ОБ} + З_{ПЛ} + \Phi ЗП + O_{CH} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.14) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ТЕХ}^B = 19,99 + 2,05 + 8,72 + 0,20 + 98,30 + 29,40 = 159,32 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХ}^{IP} = 16,21 + 2,10 + 9,52 + 0,17 + 54,63 + 16,38 = 99,01 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.40)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (4.41)$$

где $k_{\text{ЦЕХ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 1,72;

$Z_{\text{ОСН}}$ – основная зарплата, руб.

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

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 159,32 + 89,37 \cdot 1,72 = 159,32 + 153,71 = 315,96 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 99,01 + 49,67 \cdot 1,72 = 99,01 + 85,43 = 181,87 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (4.42)$$

где $P_{\text{ЗАВ}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, 1,97

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

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 315,96 + 89,37 \cdot 1,97 = 315,96 + 176,05 = 497,42 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 181,87 + 49,67 \cdot 1,97 = 181,87 + 97,84 = 279,88 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу (табл. 4.2)

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Показатели	Услов. обозн	Калькуляция, руб	
		базовый	Проект
2	3	4	5
1. Затраты на материалы	ЗМ	19,99	16,21
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	98,30	54,63
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	29,40	16,38
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	З _{ОБ}	8,72	9,52
5. Затраты на площади	Зпл	0,20	0,17
6. Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	2,05	2,10
5. Величина технологической себестоимости	С _{ТЕХ}	159,32	99,01
6. Объём цеховых расходов		153,71	85,43
7. Величина цеховой себестоимости	С _{ЦЕХ}	315,96	181,87
8. Объём заводских расходов		176,05	97,84
9. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	497,47	279,88

4.5 Расчетное определение показателей экономической эффективности предлагаемых решений

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

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{зав}^{б} - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

После подстановки в формулу (4.29) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = (497,47 - 279,88) \cdot 3000 = 628157 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_Г$ в сфере производства при внедрении предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{3AB}^Б + E_H \cdot K_{УД}^Б) - (C_{3AB}^{ПП} + E_H \cdot K_{УД}^{ПП})] \cdot N_{ПП} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(497,47 + 0,33 \cdot 11,46) - (279,88 + 0,33 \cdot 21,73)] \cdot 3000 = 609878 \text{ руб.}$$

Размер уменьшения трудоемкости

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПП}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,524 - 0,327}{0,524} \cdot 100\% = 37\%$$

Размер увеличения производительности труда

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.46)$$

$$\Delta П_T = \frac{100 \cdot 37}{100 - 37} = 69\%$$

Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{УГ}} \quad (4.47)$$

$$T_{ок} = \frac{65200}{628157} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{сп} = 1/T_{ок} = 1/0,5 = 2. \quad (4.48)$$

4.6 Выводы по разделу

Применяемый вариант технологии ручной дуговой сварки характеризуется необходимостью применения сварочных бригад большой численности. В проектном варианте технологии предложено использовать механизированную сварку самозащитной порошковой проволокой. В

результате предлагаемых мероприятий проектная технология позволит уменьшить численность бригад.

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 37% трудоемкость сварки одного стыка, при увеличении производительности труда на 69%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 65200 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 609878 руб.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать вывод о высокой эффективности разработанной технологии и необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия при строительстве магистральных трубопроводов вахтовыми методами.

Заключение

Анализ системы комплектования бригад сварщиков показал, что состав работников в бригадах зависит от принятой системы организации труда. Организация труда напрямую зависит от применяемых технологических решений.

Выполненный анализ возможных вариантов модернизации широко применяемой при вахтовом методе организации работ сварке штучными электродами, показал, что численность вахтовых бригад может быть уменьшена при использовании механизированной сварки.

Показано, что при соединении труб магистральных трубопроводов самозащитной порошковой проволокой возможны следующие варианты выполнения сварного шва:

- 1) корневой слой и «горячий проход» - дуговая сварка штучными электродами с целлюлозным покрытием, заполнение разделки – проволокой Иннершилд;
- 2) корневой слой - дуговая сварка штучными электродами с целлюлозным покрытием, «горячий проход» и заполнение разделки – проволокой Иннершилд;
- 3) корневой слой - дуговая сварка штучными электродами с основным видом покрытия, заполнение разделки - проволокой Иннершилд.

Применение механизированной сварки по разработанной в бакалаврской работе технологии позволяет повысить производительность труда на 69%. При этом, рассчитанный в разделе «Экономическое обоснование» бакалаврской работы размер годового экономического эффекта составит 609000 руб.

Можно сделать вывод о достижении цели достижения цели бакалаврской работы.

Список используемых источников

1. Мельников Д.В. Вахта как экономическая категория / Д.В. Мельников // Человек и труд. — 2012. — № 7. — С. 60-63.
2. Рыбин В.В., Малышевский В.А., Хлусова В.И., Орлов В.В., Шахпазов Е.Х., Морозов Ю.Д., Настич С.Ю., Матросов М.Ю. Высокопрочные стали для магистральных трубопроводов // Вопросы материаловедения. 2009, №3. С. 127–137.
3. 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.
4. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
5. Колесников О.И., Гончаров Н.Г. Сварка трубопроводов при низких температурах// Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2011. — № 2. — С. 14–16.
6. Гончаров Н.Г., Колесников О.И., Братусь А.А. Повышение стойкости сварных соединений труб против образования холодных трещин// Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2014. — № 3. — С. 63–65.
7. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
8. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
9. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
10. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.

11. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
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. Bodnar, V. Gonchar // Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
14. 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.
15. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
16. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
17. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
18. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
19. 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.
20. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
21. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование

- наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
22. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СЛУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.
23. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.
24. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
25. Алешин Н.П. Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений. М.: Машиностроение, 2006. - 368 с.
26. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
27. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
28. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
29. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.