

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)

«Современные технологические процессы изготовления деталей
в машиностроении»
(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технологический процесс сборки и сварки технологического
трубопровода насосной станции

Обучающийся

В.В. Паньков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.С. Климов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена актуальному вопросу повышения эффективности сварочных операций при строительстве и ремонте технологических трубопроводов.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Составлена проектная технология сварки, особенности выполнения операций которой описаны в настоящей выпускной квалификационной работе.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 212 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 57 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,85 млн. рублей.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по строительству и ремонту технологических трубопроводов.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварки технологических трубопроводов насосных станций.	6
1.1 Описание конструкции трубопровода и условий его работы.	6
1.2 Сведения о материале технологического трубопровода.	9
1.3 Базовая технология сварки трубопровода.	11
1.4 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы.	17
2 Проектный технологический процесс сборки и сварки трубопровода насосной станции.	19
2.1 Обоснование выбора способа сварки.	19
2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения.	24
2.3 Описание операций проектного технологического процесса сборки и сварки технологического трубопровода насосной станции. .	28
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	32
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	32
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков. .	33
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков.	35
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта.	37
3.5 Защита окружающей среды.	39
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений	41
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной	

технологиям.	41
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования.	43
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	44
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	46
4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	50
4.6 Показатели экономической эффективности.	52
Заключение	54
Список используемой литературы и используемых источников.	56

Введение

Технологические трубопроводы являются важным элементом любой сложной установки. Насосная станция, которая является важнейшим элементом инфраструктуры городов и промышленных предприятий, содержит километры технологических трубопроводов разного диаметра. Необходимость сварки при строительстве и ремонте трубопроводов насосных станций является определяющим моментом, от решений которого зависит стабильность подачи технической и питьевой воды, а также функционирование предприятий. В основном, при строительстве и ремонте трубопроводов на насосных станциях применяется ручная дуговая сварка покрытыми электродами. Этот способ сварки благодаря своей универсальности и мобильности сварочного оборудования продолжает занимать лидирующее место среди других способов сварки, применение которых возможно в процессе выполнения монтажных работ.

Однако, несмотря на свои явные преимущества, ручная дуговая сварка имеет ряд неустранимых недостатков, наличие которых может критическим образом сказаться на выбор способа сварки. Именно поэтому в мировой промышленности обращают внимание на альтернативные способы сварки и рассматривают варианты для повсеместной замены ручной дуговой сварки механизированными способами сварки. Наличие большого числа дефектов и малая производительность, а также вредные условия труда сварщика приводят к тому, что ручная дуговая сварка заменяется другими способами сварки (механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой, сварка без газа самозащитной проволокой).

На основании вышеизложенного следует сделать вывод о высокой актуальности цели выпускной квалификационной работы – повышение производительности и качества сварки технологических трубопроводов насосных станций

1 Современное состояние сварки технологических трубопроводов насосных станций

1.1 Описание конструкции трубопровода и условий его работы

На рисунке 1 представлена планировка насосной станции, суточная производительность которой составляет порядка 48 тысяч кубических метров. Функция насосной станции заключается в заборе воды из источника и передачи её потребителю посредством трубопроводной системы. Станция работает в ступенчатом режиме. При максимальном потреблении подача воды выполняется со скоростью около 600 литров в секунду. При тушении возможного пожара существует возможность кратковременного повышения скорости подачи воды до 760 литров в секунду.

В состав насосной станции входит 5 насосов, из которых 3 насоса являются рабочими, а ещё 2 – резервными. В качестве насосов использованы насосы марки 1Д630-90, производительность каждого такого насоса составляет 660 литров в секунду. Напор воды при подаче равен 84 метрам. Каждый насос снабжён электродвигателем ДА304 400ХК-4. Всасывающие трубопроводы в количестве двух штук имеют диаметр 600 мм, напорные трубопроводы в количестве двух штук имеют диаметр 450 мм.

Эксплуатация станции проходит в режиме неравномерного потребления с коэффициентом неравномерности, который принимается равным 1,25. График распределения водопотребления, который представлен на рисунке 2, составлен с учётом часовой неравномерности. Насосная станция имеет два вакуум-насоса, которые применяются для заливки подающих насосов во время пуска. Также станция снабжена двумя дренажными насосами на случай затопления. Марка дренажных насосов ВК10/45А.

Расположение насосов однорядное параллельно продольной оси здания. Два всасывающих водовода объединены одним коллетором.

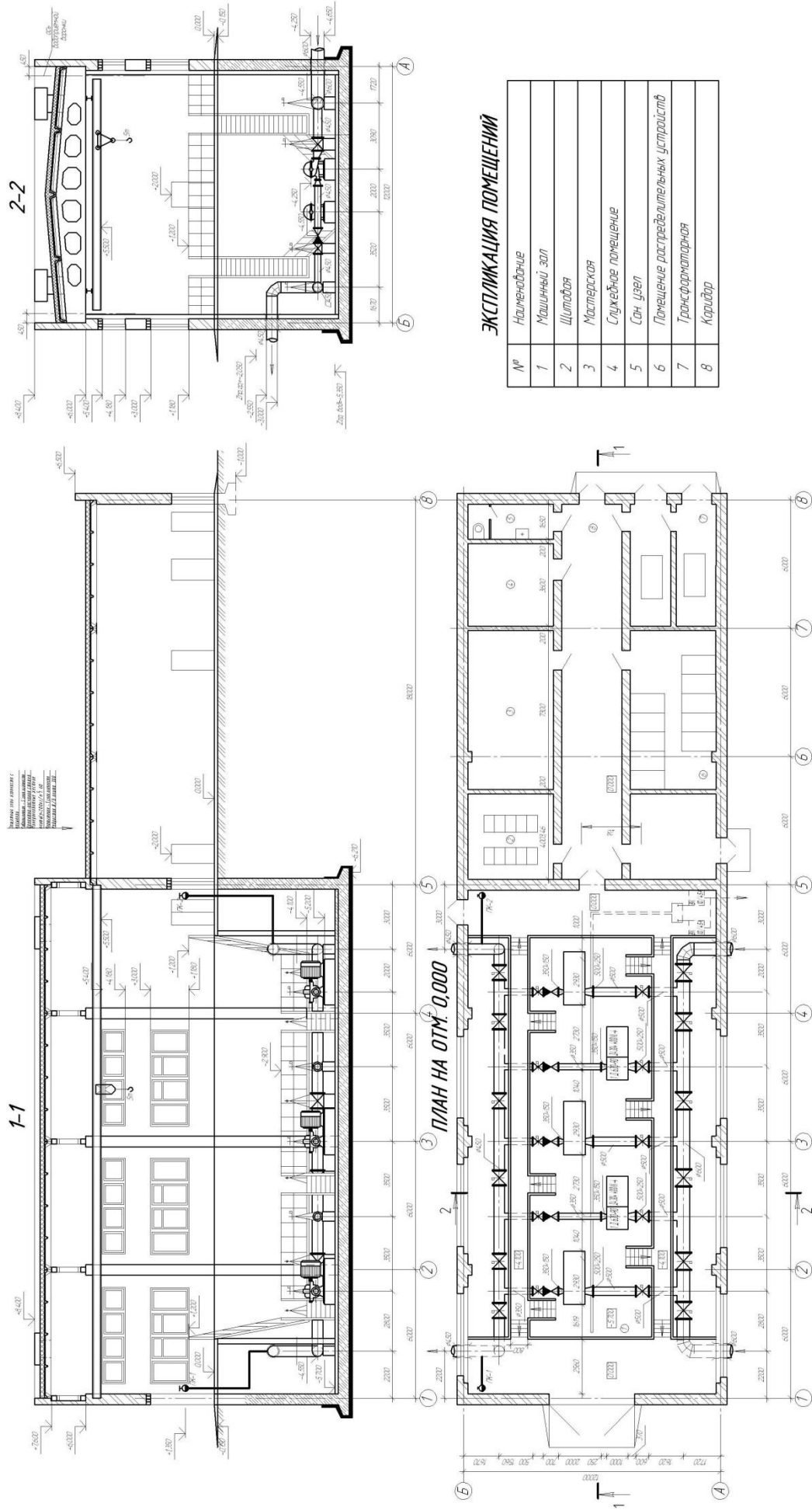


Рисунок 1 – Планировка насосной станции

Водоводы имеют диаметр 600 мм. Напорные трубопроводы от насосов подключены к общему коллектору, который переходит в два водовода. Диаметр напорных водоводов составляет 450 мм.

Подбор арматуры и фасонных частей технологического трубопровода насосной станции проводят в соответствии с диаметрами напорных и всасывающих трубопроводов. При проектировании станции предусмотрено наличие задвижки с электрическим приводом 30ч906бк с проходным диаметром 450 мм, а также задвижки 30ч915бр с проходным диаметром 600 мм. На напорном трубопроводе каждого насоса установлен обратный клапан диаметром 450 мм, который предотвращает обратное движение воды. Учёт подаваемой воды выполняется расходомерами, которые установлены на каждом напорном водоводе.

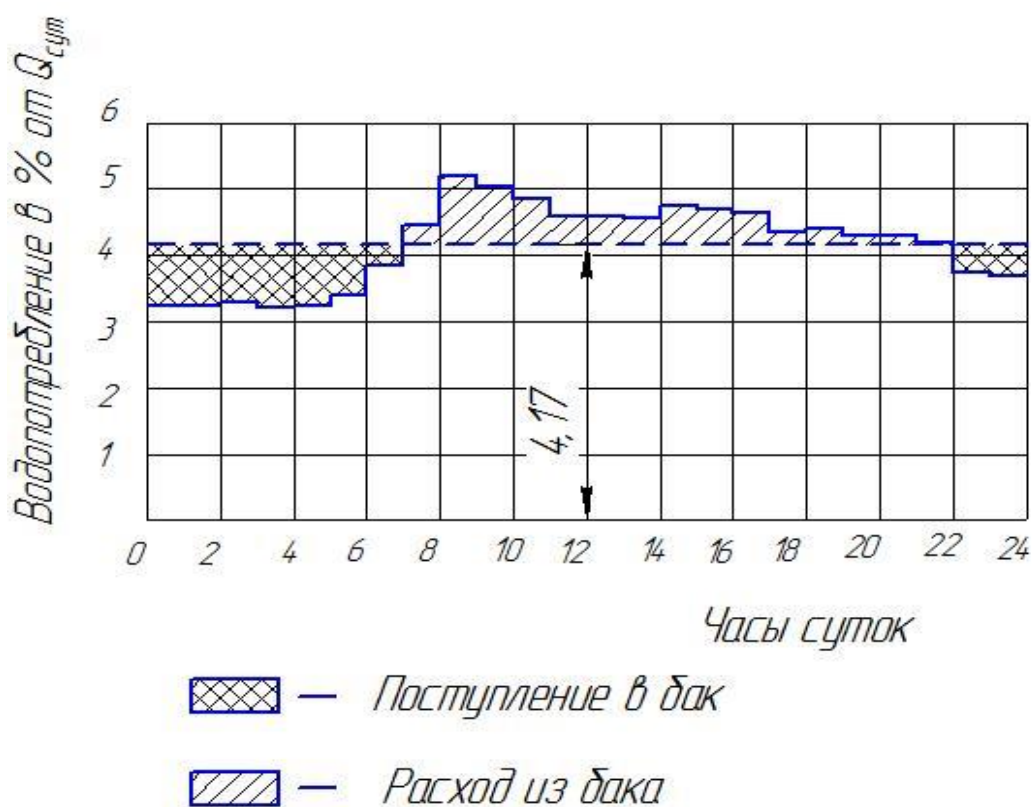


Рисунок 2 – Совмещенный график водопотребления и подачи воды при одноступенчатой работе насосов

Удаление натекающей воды из заглублённых помещений выполняется дренажным насосом ВК10/45А, напор которого составляет 45 м при подаче 10 литров в секунду. Монтаж и демонтаж технологического оборудования

насосной станции выполняется подвесным краном грузоподъемностью 5 тонн.

В состав помещений насосной станции входят щитовая, машинный зал, служебное помещение, трансформаторная, мастерские, помещение распределительных устройств, санузел и коридор.

Насосная станция занимает одноэтажное здание высотой 5,3 метра, машинный зал которого частично заглублён. Фундамент станции выполнен монолитным из бутобетона.

1.2 Сведения о материале технологического трубопровода

Технологический трубопровод насосной станции выполнен из труб и элементов, которые имеют условный диаметр 450 мм и 600 мм. Материал, из которого выполнены элементы трубопровода – сталь 17Г1С, содержание химических элементов в которой представлено в таблице.

Таблица 1 – Содержание химических элементов в стали 17Г1С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
0.15 - 0.2	0.4 - 0.6	1.15 - 1.6	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.3	до 0.008	до 0.3	до 0.08

Применение стали 17Г1С предусматривается для конструкций, работа которых выполняется при температуре от -40 до +475 °С и у условиях действия повышенных давлений. Из стали 17Г1С изготавливают магистральные и технологические трубопроводы, трубопроводы пара и горячей воды для давления не выше 2,2 МПа. Класс прочности трубной стали составляет К52, что позволяет использовать её для строительства магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов.

При анализе разрушений трубопроводов, выполненных из стали 17Г1С, установлено, что разрушение начинается в концентратора напряжений и развивается как по сварному шву, так и по основному металлу.

При сварке труб из стали 17Г1С наблюдается сильное укрупнение зерна и снижение прочности в зоне термического влияния, что объясняется перегревом [27].

При сварке конструкций из стали 17Г1С следует учитывать некоторые особенности этой стали по сравнению с низкоуглеродистыми сталями. Стойкость металла сварного шва у стали 17Г1С оказывается ниже стойкости у низкоуглеродистых сталей. Это объясняется отрицательным влиянием углерода и кремния, содержание которых в стали 17Г1С выше. Применение специальной сварочной проволоки и электродов со сниженным содержанием углерода и кремния позволяет устранить проблему коррозионного растрескивания. Также на стойкость против межкристаллитной коррозии существенное влияние оказывает техника выполнения сварки и правильный выбор последовательности наложения сварных швов.

При сварке конструкций из стали 17Г1С в металле сварного шва и околошовной зоне образуется малое количество закалочных структур, которые равномерно и дезориентированно распределены по ферритной основе. Это не оказывает существенного влияния на снижение пластичности металла в месте сварки. Однако при нарушении техники сварки и условий охлаждения возможно локальное увеличение плотности закалочных структур в металле, что снизит стойкость против хрупкого разрушения. Такие элементы, как марганец и кремний, содержащиеся в стали 17Г1С, увеличивают количество образующихся при сварке закалочных структур. Выполнение сварки конструкций из стали 17Г1С должно проходить на режимах с уменьшенной по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей погонной энергией [4].

Равнопрочность сварного шва и основного металла при выполнении конструкций из стали 17Г1С достигается путём дополнительного легирования металла сварного шва через сварочную проволоку.

Для уменьшения образования тещин необходимо применять материалы с пониженным содержанием серы.

1.3 Базовая технология сварки трубопровода

При выполнении капитального ремонта технологического трубопровода насосной станции выполняют переварку в некоторых местах линейного участка. В основном, переварке подлежат части трубопровода, имеющие трещины, развитие которых происходит изнутри. Такие участки представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Примеры участков трубопроводов, подлежащих переварке

При переварке выполняют последовательность действий: вырезку патрубка, установку нового патрубка, сварку и термическую обработку.

При входном контроле выполняют проверку сопроводительной документации на арматуру и трубы. Применяемые арматура и трубы должны соответствовать условиям чертежа. Также выполняют проверку качества сварочных материалов, правильность их хранения и внешнее состояние. Марка применяемых сварочных материалов должна соответствовать технологической документации.

При проведении входного контроля следует проверить состояние сварочного оборудования, контрольно-измерительных приборов, оснастки и инструмента. Следует проверить наличие и работоспособность средств индивидуальной защиты.

Перед допуском к выполнению работ необходимо проверить квалификацию сварщиков и наличие соответствующих документов, провести инструктаж персонала.

У производителя работ проверяют наличие лицензии, проектной документации, актов аттестации технологии сварки, операционные технологические карты.

Трубопровод проверяют на фактическое состояние и соответствие условия сварки требованиям техники безопасности.

При подготовительной операции выполняют подготовку кромок труб.

Выполняется механической обработкой либо путем термической резки или строжки (кислородной, воздушно-дуговой, плазменно-дуговой) с последующей механической обработкой резцом, фрезой, абразивным инструментом. Глубина механической обработки после термической резки должна быть указана в технической документации на трубопровод в зависимости от восприимчивости конкретной марки стали к термическому циклу резки.

Базовая технология предусматривает применение кислородной резки с использованием резака ГРМ-70. После резки следует провести зачистку кромок и притупление кромок. Для этого используются шлифовальные машинки МШУ-1-6-230.

Поверхность подготовленных кромок должна иметь шероховатость, не превышающую нормативную. До сборки следует устранить все выступы и неровности, которые могут препятствовать сборке.

Геометрия подготовленных кромок представлена на рисунке 4. Проверка геометрии кромок выполняется с применением специальных шаблонов.

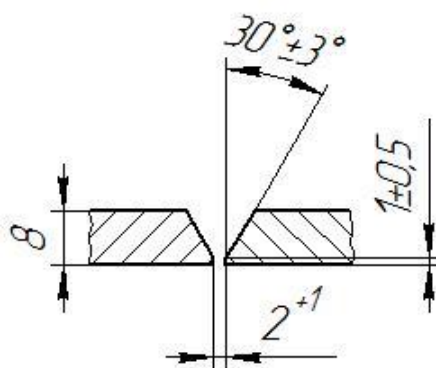


Рисунок 4 – Размеры разделки кромок

Третьей операцией является сборка.

Сборка стыков труб под сварку должна производиться с использованием центровочных приспособлений, обеспечивающих требуемую соосность стыкуемых труб и равномерный зазор по всей окружности стыка, а также с помощью прихваток или привариваемых на расстоянии 50...70 мм от торца труб временных технологических креплений.

Технологические крепления должны быть изготовлены из стали того же класса, что и свариваемые трубы. При сборке стыков из закаливающих теплоустойчивых сталей технологические крепления могут быть изготовлены из углеродистых сталей.

Для сборки применяются наружные центраторы эксцентрикового типа. В процессе сборки следует смещать заводские швы на трубах на расстояние не менее 100 мм относительно друг друга. Процесс сборки труб представлен на рисунке 5.

Поверхность труб должна быть очищена до металлического блеска на ширину от подготовленных кромок 20 мм по наружной стороне трубы и 10 мм по внутренней стороне трубы. Прямолинейность стыка проверяется в трёх-четырёх местах при помощи металлической линейки длиной 400 мм, как это показано на рисунке 6.



Рисунок 5 – Сборка труб с применением эксцентрикового центратора

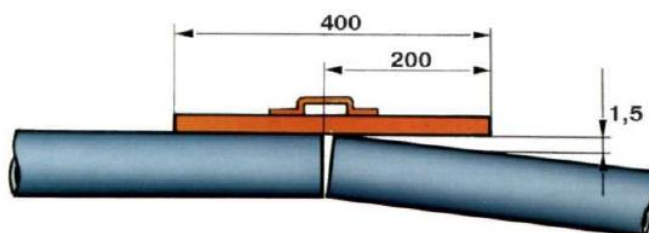


Рисунок 6 – Проверка прямолинейности при сборке стыка труб

Четвёртой операцией является прихватка. Прихватки должны быть равномерно расположены по периметру стыка и не ближе, чем на 100 мм от заводского шва стыкуемых труб. Для выполнения прихваток применяются электроды УОНИ 13/55, позволяющие получить наплавленный металл с содержанием химических элементов как в таблице 2.

В качестве источника сварочного тока применится выпрямитель ВДУ-506, который представлен на рисунке 7. Параметры режима выполнения прихваток соответствуют параметрам режима при выполнении корневого слоя шва согласно таблице 3.

Таблица 2 – Содержание химических элементов в наплавленном металле при использовании сварочных электродов УОНИ13/55

С	Mn	Si	S	P
0,09 %	0,83 %	0,42 %	0,022%	0,024 %



Рисунок 7 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

Таблица 3 – Режимы ручной электродуговой сварки

Сварочные слои	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, А
Корневой	2,5-3,0	60-80
Заполняющие	2,5-3	90-130
	4,0	110-180
Облицовочный	2,5-3	90-130
	4,0	110-180

Пятой операцией является сварка корневого слоя шва. Значения параметров режима сварки представлены в таблице 3. После выполнения корневого слоя шва необходимо выполнить зачистку сварного шва снаружи трубы с применением шлифовального круга.

Центратор снимают после выполнения корня шва по всему периметру стыка труб.

До завершения заварки корня шва не допускается подвергать стык любым воздействиям.

До заполнения разделки необходимо провести визуальный контроль качества выполнения корневого слоя шва, который проводится самим сварщиком после того, как была выполнена очистка поверхности шва. Не допускается присутствия трещин всех видов и направлений, незаваренных кратеров, прожогов. Также не допускаются выходящие на поверхность поры, если они превышают установленные размеры. В случае обнаружения дефектов решение о продолжении сварки принимает руководитель сварочных работ.

Шестой операцией является заполнение разделки. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Если применяются электроды с основным видом покрытия, то сварку ведут в направлении снизу – вверх. Если применяются электроды с целлюлозным видом покрытия, то сварку ведут в направлении сверху – вниз. При сварке установлены значения параметров режима, которые представлены в таблице 3.

Возбуждение и гашение дуги следует выполнять на ранее выполненном участке сварного шва или на поверхности разделки кромок.

Седьмой операцией является контроль качества. Проведение визуально-измерительного контроля предусматривает применение лупы с увеличением 4...7 крат и подсветки. Перед визуальным контролем сварные швы и прилегающая к ним поверхность основного металла шириной не менее 20 мм (по обе стороны шва) должны быть очищены от шлака брызг расплавленного металла, окалины и других загрязнений.

Визуальный контроль проводят по отношению 100 % сварных соединений. Недопустимыми дефектами, выявленными при визуальном контроле сварных соединений, являются: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления) между основным металлом и швом, а также между валиками шва; наплывы (натеки) и брызги металла; незаваренные кратеры; свищи; прожоги; скопления включений.

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

Для трубопровода предусмотрены гидравлические испытания. Они проводятся после окончания монтажных и сварочных работ, термообработки, контроля качества сварных соединений неразрушающими методами, а также после установки и окончательного закрепления всех опор, подвесок и оформления документов, подтверждающих качество выполненных работ. Вид и способ испытания, а также величина испытательного давления указываются в проекте для каждого трубопровода.

При обнаружении участков, на которых подозревается наличие внутренних дефектов, проводят ультразвуковой или рентгеновский контроль качества.

Ультразвуковому контролю должны подвергаться только соединения с полным проплавлением (без конструктивного непровара).

При выборочном контроле (объем контроля менее 100%) каждое сварное соединение должно быть проверено не менее чем на трех участках.

Объем выборочного контроля стыковых поперечных соединений и угловых соединений труб или штуцеров условным проходом 260 мм и менее разрешается относить не к протяженности каждого соединения, а к общему количеству однотипных соединений, выполненных каждым сварщиком на каждом котле и трубопроводе. В этом случае каждое контролируемое соединение следует проверять по всей длине, а

минимальное количество соединений должно быть не менее пяти.

При выборочном контроле отбор контролируемых сварных соединений или участков должен проводиться отделом технического контроля предприятия из числа наиболее трудновыполнимых или вызывающих сомнения по результатам визуального и измерительного контроля.

Радиографическую дефектоскопию производят согласно требованиям ГОСТ 7512–82 и РД 34 10.068–91. Зафиксированные на радиографических снимках включения и скопления с максимальным размером менее значений минимально фиксируемого размера включения, указанного в данных нормативных документах, или менее требуемой чувствительности, допускается не учитывать как при подсчете числа одиночных включений и одиночных скоплений и их суммарной приведенной площади или суммарной длины, так и при рассмотрении расстояний между включениями (скоплениями).

Любую совокупность включений, которая может быть вписана в квадрат с размером стороны, не превышающим значения допустимого максимального размера одного включения, можно рассматривать как одно сплошное одиночное включение.

Любую совокупность включений, которая вписывается в прямоугольник с размерами сторон, не превышающими значений допустимого максимального размера и допустимой максимальной ширины одиночного протяженного включения, можно рассматривать как одно сплошное одиночное протяженное включение.

1.4 Постановка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

В ходе работы над введением доказана актуальность поставленной цели – повышение производительности и качества сварки технологических трубопроводов насосных станций.

Базовая технология сварки предусматривает применение ручной дуговой сварки, характеризуется получением значительного количества дефектов и необходимостью их исправления. В результате производительность сварочных работ резко уменьшается по сравнению с применением других, перспективных способов сварки.

Кроме того, применение центриатора приводит к смещению кромок, которое является недопустимым дефектом и требует переварки стыка.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачи, решение которых позволит достичь поставленной цели.

Первой задачей является обоснование выбора способа сварки на основании анализа преимуществ и недостатков альтернативных способов. В ходе проведения экспертной оценки способов сварки построение проектной технологии предложено проводить с использованием способов сварки, позволяющих обеспечить механизацию выполнения операций.

Второй задачей является повышение эффективности выбранного способа сварки применительно к рассматриваемой конструкции на основании разработок, проведённых отечественными и зарубежными исследователями – сварщиками..

Третьей задачей является построение проектного технологического процесса ремонтной сварки. Необходимо составить перечень операций технологического процесса, назначить параметры режима, выбрать оборудование и сформулированы требования к выполнению операций.

Четвёртой и пятой задачами является анализ предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений на предмет экологической безопасности и обеспечения безопасности труда [3], [6] и экономической эффективности внедрения проектной технологии в производство, что позволит сделать вывод о достижении поставленной цели [16], [17].

2 Проектный технологический процесс сборки и сварки трубопровода насосной станции

2.1 Обоснование выбора способа сварки

При обосновании выбора способа сварки необходимо принимать во внимание свариваемость материала конструкции, техническую и финансовую возможность предприятия по применению дорогостоящего и уникального оборудования, квалификацию персонала и возможность его переобучения, производительность сварки и другие критерии [9], [20].

На основании проведённого ранее анализа свойств материала свариваемых труб установлено, что применяемая трубная сталь 17Г1С относится к легкосвариваемым сталям. При изготовлении конструкций из этой стали нет необходимости применять наукоёмкие и сложные способы сварки, например, лазерную сварку, сварку трением с перемешиванием, электронно-лучевую сварку.

Тип сварного соединения не позволяет применить высокопроизводительную контактную сварку. Толщина свариваемого металла делает неэффективной газовую сварку.

Таким образом, при построении проектной технологии сборки и сварки трубопровода следует рассмотреть дуговые способы сварки:

- «ручная дуговая сварка с применением штучных электродов;
 - механизированная сварка с применением плавящегося электрода в защитных газах;
 - сварка под слоем флюса;
 - механизированная сварка порошковой самозащитной проволокой»
- [1], [28].

Схема выполнения ручной дуговой сварки представлена на рисунке 8. Этот способ сварки получил самое широкое распространение при строительстве технологических и магистральных трубопроводов.

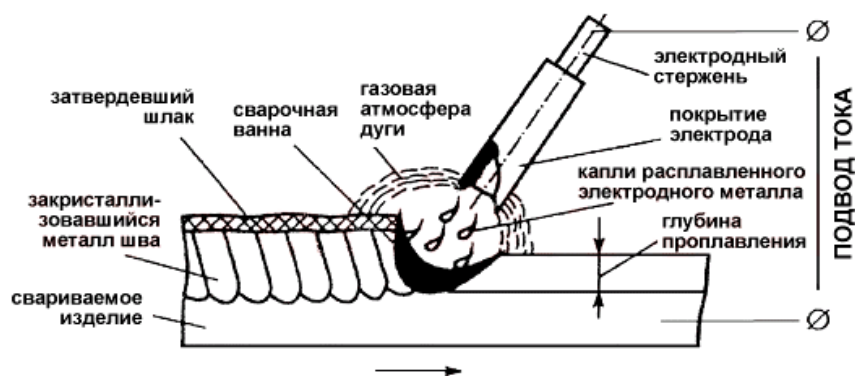


Рисунок 8 – Схема выполнения ручной дуговой сварки

Широкое применение ручной дуговой сварки объясняется высокой универсальностью способа и гибкостью технологического процесса. В настоящее время доля соединений, получаемых с применением ручной дуговой сварки, неуклонно снижается, а сама ручная дуговая сварка уступает место более производительным и перспективным процессам [5], [18], [19]. Это объясняется большим количеством недостатков, устранение которых при существующем уровне развития техники и технологий неосуществимо:

- вредность условий труда сварщика, которому приходится работать в атмосфере сварочного аэрозоля и излучения от дуги;
- является малая стабильность качества сварки, имеющая прямую зависимость от квалификации сварщика;
- является малая производительность ручной дуговой сварки, которая не может быть повышена за счёт форсирования режимов или применения новых сварочных электродов;
- увеличение расхода сварочных материалов из-за затрат на огарки, кроме того, необходимость прерывания горения дуги при смене электрода приводит к снижению производительности и качества сварки.

Частичное устранение перечисленных недостатков ручной дуговой сварки возможно за счёт применения специальных электродов [21], специальной техники сварки [2] или импульсного управления сварочной дугой [7].

Повышение производительности и качества сварки стыков трубопроводов может быть получено при применении сварки под флюсом, схема выполнения которой представлена на рисунке 9. Кроме того, наблюдается существенное улучшение условий работы сварщика [8].

В качестве недостатков автоматической сварки под флюсом, которые ограничивают применение этого перспективного способа, следует указать такие:

- повышенная текучесть расплавленного металла при сварке под флюсом может стать причиной получения непроваров, пор и шлаковых включений;
- при автоматической сварке под флюсом существенно повышаются требования к точности сборки, что увеличивает стоимость и снижает производительность подготовительных операций, при сборке стыка необходимо применение механизированной сварки в защитных газах или ручной дуговой сварки для проставления прихваток;
- сложность удержания флюса на поверхности изделия при выполнении вертикальных и потолочных швов.

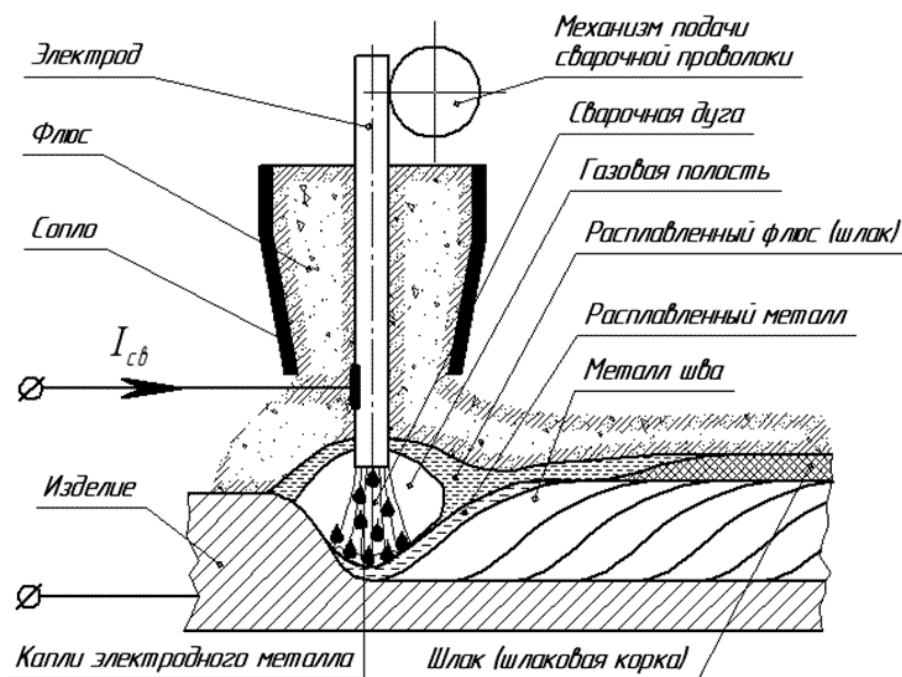
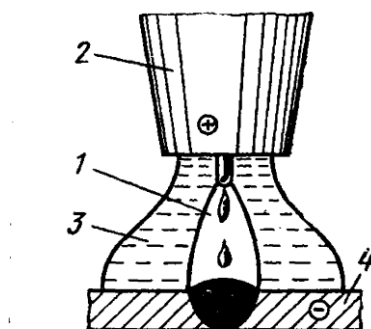


Рисунок 9 – Схема выполнения сварки под флюсом

При механизированной сварке проволокой сплошного сечения в защитных газах плотность тока, а значит, и производительность, могут быть увеличены по сравнению с ручной дуговой сваркой. На рисунке 10 представлена схема выполнения механизированной сварки в защитных газах. При сварке в углекислом газе расплавленный металл обладает повышенной вязкостью, что упрощает удержание сварочной ванны при выполнении вертикальных и потолочных швов [24].

Недостатками сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения следует признать:

- повышенную вязкость расплавленного металла, которая может стать причиной образования горячих трещин;
- интенсивное разбрызгивание, которое ограничивает величину сварочного тока и не позволяет применять форсированные режимы сварки
- снижение мобильности сварщика из-за необходимости применения газового оборудования.



1 – дуга; 2 – сопло; 3- защитный газ; 4- основной металл

Рисунок 10 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах

На рисунке 11 представлена схема выполнения механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой. При этом способе сварки удаётся реализовать преимущества ручной дуговой сварки и сварки в защитных газах [25], [29].



Рисунок 11 – Схема выполнения механизированной сварки самозащитной порошковой проволокой

Применение сварки самозащитными порошковыми проволоками ограничивается недостатками этого способа сварки:

- неравномерность плавления оболочки проволоки и порошкового наполнителя, что вызывает осыпание нерасплавленного флюса в сварочную ванну, образование пор и шлаковых включений;
- при сварке порошковой проволокой наблюдается повышенная текучесть расплавленного металла, из-за чего усложняется формирование корневого слоя шва;
- порошковая проволока из-за своей мягкости застревает в подающем механизме;
- недостаточное развитие производства порошковой проволоки в странах СНГ.

Анализ преимуществ и недостатков рассмотренных способов, а также перспективы их развития позволяют предложить для построения проектного технологического процесса механизированную сварку проволокой сплошного сечения в защитных газах.

2.2 Повышение эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения

В работах [10], [11], [12], [13], [22], [23], [30] проведён анализ способов повышения эффективности механизированной сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения. При этом возможно проведение разработок по нескольким направлениям. Первым направлением следует указать поиск оптимальных газовых смесей, которые позволят повысить пространственную стабильность сварочной дуги, уменьшить разбрызгивание и улучшить внешний вид сварных швов. Вторым направлением следует указать построение систем импульсного управления сваркой за счёт импульсной подачи сварочной проволоки или импульсного изменения электрических параметров сварки (ток и напряжение).

Проведённые исследования по выбору защитного газа позволили установить, что при добавке аргона в защитную газовую смесь происходит повышение стабильности горения сварочной дуги и наблюдается существенное улучшение внешнего вида сварного шва. Устраняется бугристость и снижается высота усиления. Также уменьшается количество пор за счёт снижения содержания водорода в металле сварного шва. Также за счёт повышения жидкотекучести расплавленного металла упрощается формирование плавного перехода от металла сварного шва к основному металлу. Указанные положительные эффекты наблюдаются при добавке аргона в углекислый газ в количестве 5...10 %. Исходя из этого, для сварки в проектной технологии предлагается применять газовую смесь в составе 90% CO₂ + 10% Ar.

Применение импульсных источников питания сварочной дуги позволяет реализовать преимущества сварки в защитных газах и уменьшить её недостатки:

- происходит существенное уменьшение потерь металла на угар и разбрызгивание, кроме того, устранение разбрызгивания позволяет

- существенно улучшить качество сварки, улучшить внешний вид изделий и повысить производительность;
- при сварке в различных положениях повышается стабильность горения дуги и качество выполнения сварных швов;
 - существенно повышается качество сварных швов в узкую разделку и при выполнении корневого слоя шва, улучшается проплавливающая способность дуги;
 - протекание металлургических процессов при кристаллизации сварного шва носит более благоприятный характер, что повышает эксплуатационные свойства сварных соединений.

На рисунке 12 представлена структура сварного соединения в случае сварки стационарной дугой и импульсной дугой при изготовлении конструкций из стали 17Г1С [26].

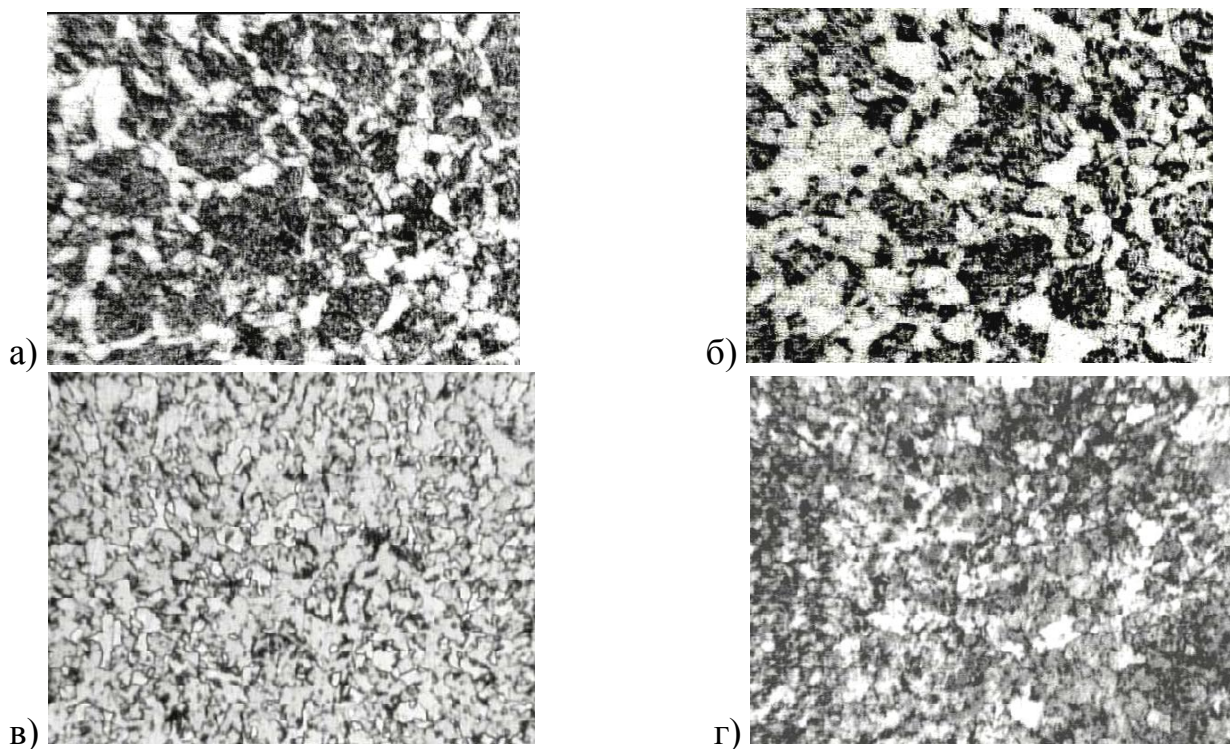


Рисунок 12 – Структура сварного соединения стали 17Г1С после стационарного режима сварки (а), (б) и импульсного режима (в), (г)

Применение импульсной дуги позволяет получить однородное распределение механических свойств, устранить трещины в соединении и

уменьшить размеры участков разупрочнения. На рисунке 13 представлено распределение твёрдости по линии от заполняющего шва к облицовочному слою, которое демонстрирует преимущество сварки импульсной дугой по сравнению со сваркой стационарной дугой.

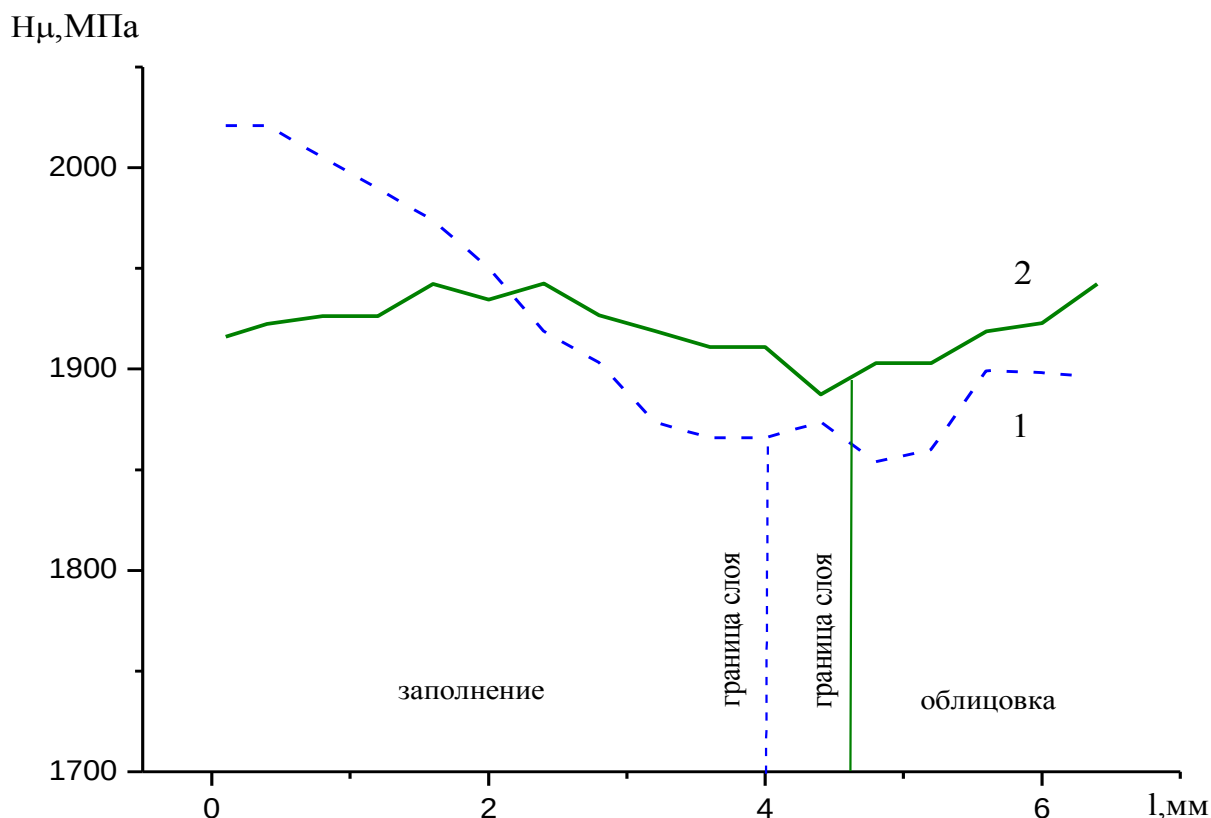


Рисунок 13 – Распределение микротвёрдости вдоль оси шва по линии от заполняющего шва к облицовочному слою при сварке стационарной дугой (1) и импульсной дугой (2)

На рисунке 14 представлен источник питания сварочной дуги, реализующий технологию STT. Источник питания сварочной дуги, реализующий технологию STT позволяет компенсировать изменение длины вылета электрода при помощи коррекции длительности импульса тока. «Во время короткого замыкания система измеряет падение напряжения на электроде, пропорциональное вылету электрода. Оно усредняется и подается на интегратор. Последний начинает интегрирование с нулевыми начальными условиями в момент зажигания дуги. Когда напряжение на выходе интегратора сравнивается с регулируемым опорным напряжением

(устанавливается ручкой «тепло» на передней панели источника), импульс плавления прекращается, а ток дуги начинает плавно спадать до базового тока паузы. Таким образом, длительность импульса тока плавления обратно пропорциональна длине дуги» [15].



Рисунок 14 – Источник питания Invertec STT-II
с механизмом подачи проволоки LF-33

Применение источников питания, реализующих технологию STT, позволяет значительно уменьшить разбрызгивание и дымообразование. На рисунке 15 представлены фотографии условий работы сварщика при сварке стационарной дугой (рисунок 15-а) и при сварке по технологии STT (рисунок 15-б).



Рисунок 15 – Фотографии условий работы сварщика при сварке
стационарной дугой (а) и при сварке по технологии STT (б)

Расширение возможностей по управлению вложением тепла в сварное соединение позволяет существенно уменьшить образование прожогов и деформаций в конструкциях. Также повышается качество формирования обратного валика и обеспечивается гарантированное проплавление. Качество сварного шва соответствует качеству, которое получается при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом, а производительность сварки превышает в 3...4 раза производительность аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

2.3 Описание операций проектного технологического процесса сборки и сварки технологического трубопровода насосной станции

Резку труб выполняем с использованием механического трубореза SD-450, который представлен на рисунке 16. Труборезы серии SD нашли применение при безогневой резке в условиях цеха и полевых условиях. Труборез позволяет не только отрезать трубу, но и формировать торцы с заданными размерами. За счёт установки на труборез двух резцов повышается производительность и качество подготовки кромок. В таблице 4 представлены параметры труборезов SD-450.



Рисунок 16 - Механические труборезы серии SD

Таблица 4 – Техническая характеристика труборезов серии SD-450

Модель:	SD-450	Мощность, Вт:	1000
Для труб, мм:	270-450	Пневмопривод, бар:	9
Частота вращения, об/мин:	10	Поток, л/мин:	1500
Питание, В:	220	Вес:	45 кг

Для выполнения сварки применяем проволоку L-56 диаметром 1,4 мм, которая представлена на рисунке 17. Проволока позволяет получать качественные сварные соединения в условиях наличия окалины и загрязнений на торцах труб, но максимально высокое качество будет получено при обеспечении очистки торцов от загрязнений. Повышенное содержание в проволоке кремния и марганца обеспечивают раскисление металла сварного шва. В таблице 5 представлено содержание химических элементов в проволоке L-56.

Значения параметров режима сварки и технику выполнения сварки назначаем в соответствии с рекомендациями фирмы Lincoln Electric, которые представлены в таблице 6 и на рисунке 18.



Рисунок 17 – Проволока SuperArc L-56

Таблица 5 – Содержание химических элементов в проволоке SuperArc L-56

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

Таблица 6 – Параметры режима сварки по технологии STT проволокой SuperArc L-56 диаметром 1,14 мм

Скорость подачи проволоки, дюйм./мин	Пиковый ток, А	Сварочный ток, А	Базовый ток, А	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
90...170	400...420	150...170	35...55	10...12	10...16

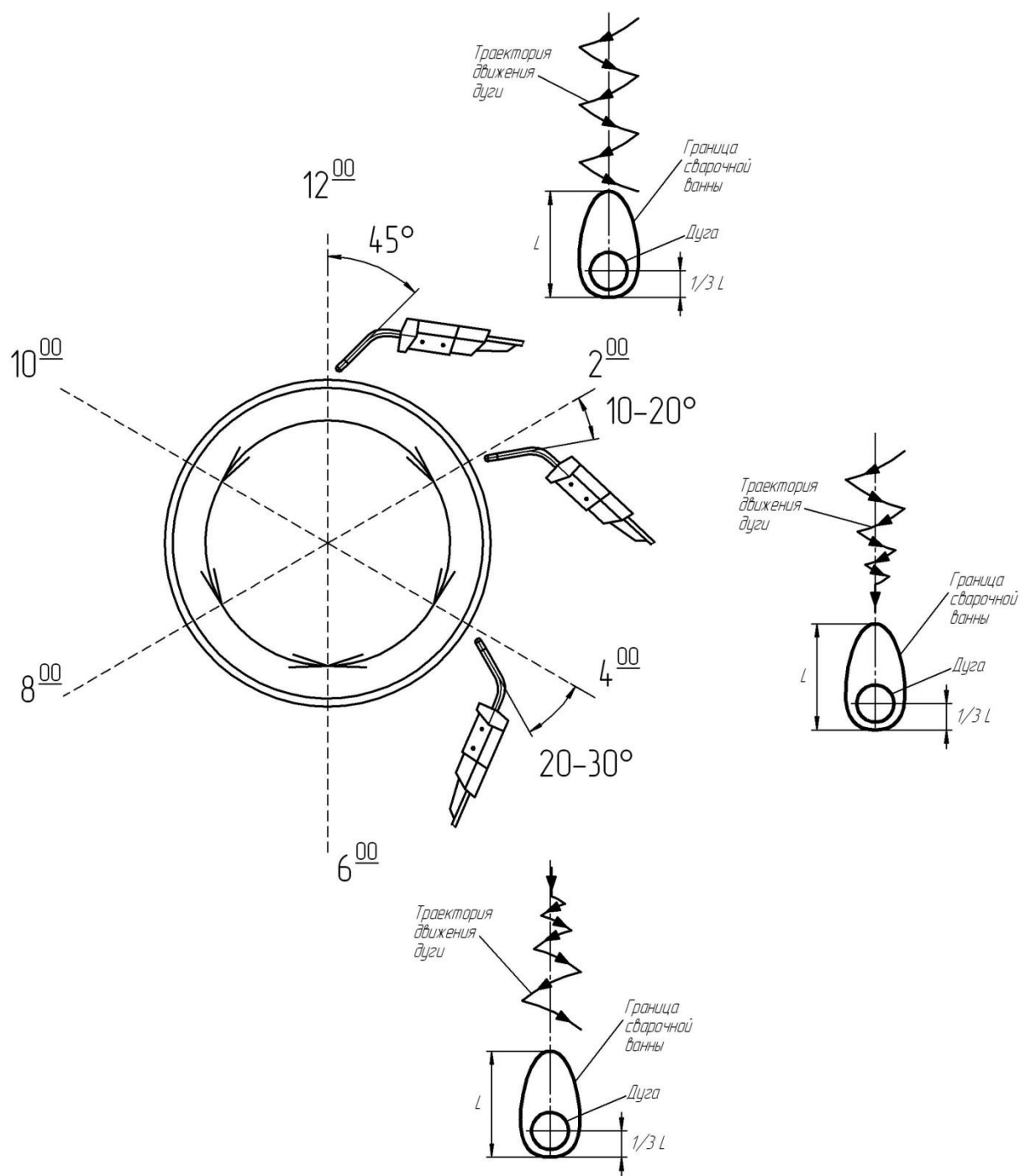


Рисунок 18 – Техника сварки стыка труб по технологии STT

Внешний осмотр и измерения проводят применительно ко всем сварным соединениям. При этом до проведения внешнего осмотра следует произвести очистку сварного соединения труб от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений. Очистку проводят на ширине не менее 20 мм в обе стороны от оси сварного шва.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- стандартная форма и размеры сварного шва;
- мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва;
- не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов в местах перехода сварного шва к основному металлу трубы;
- плавность перехода от наплавленного металла к основному металлу трубы.

Допускается наличие подрезов в месте перехода от шва к основному металлу трубы, при этом глубина подреза должна быть не более 10% толщины стенки трубы, а общая протяженность подреза не должна превышать 30% длины сварного шва.

В ходе выполнения настоящего раздела выпускной квалификационной работы решались задачи, поставленные в первом разделе.

Дальнейшее выполнение выпускной квалификационной работы предусматривает разработку оценочного блока [14] в котором предстоит оценить экологичность предложенных в работе решений и дать оценку на предмет обеспечения безопасности труда [3], [6].

Также при выполнении оценочного блока предстоит оценить возможный экономический эффект при внедрении предлагаемых решений в производство [16], [17].

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы решались вопросы, связанные с повышением эффективности сварочных технологии при строительстве технологических трубопроводов.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции и представлена в таблице 7. Первая операция – подготовка кромок труб, которая выполняется с применением трубореза. Вторая операция – сборка, которая выполняется с применением центратора и измерительного инструмента. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений повлекло за собой изменение технологического процесса сборки и сварки. В свою очередь это может привести к возникновению новых опасных производственных факторов.

Таблица 7 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. Подготовка	слесарь-сборщик	- угловая шлифовальная машина, - оборудование для газовой резки	круг абразивный
2. Сборка	слесарь-сборщик	- центатор, - измерительный инструмент	-
3. Сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- источник питания, - формирователь сварочных импульсов, - механизм подачи сварочной проволоки, - оборудование для подачи защитного газа - зачистная машинка	круг абразивный
4. Контроль качества	дефектоскопист	- набор визуально-измерительного контроля, - дефектоскоп	-

Представленные в таблице 7 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При работе технологического оборудования, которое задействовано в осуществлении проектного технологического процесса, возникают опасные и вредные производственные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 8 представлены результаты идентификации возникающих профессиональных рисков. В данном случае

источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке сварки: шлифовальная машина, оборудование для газовой резки, центартор, сварочное оборудование, дефектокоп.

Таблица 8 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Подготовка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
2. Сборка	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
3. Сварка	- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение; - ультрафиолетовое излучение
4. Контроль качества	- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны

В ходе оценки выделено семь негативных производственных факторов:

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования,

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

Решение по выбору эффективных средств устранения выявленных опасных и вредных производственных факторов должно основываться на основании ранее представленных в таблице 8 данных.

При этом следует учитывать не только опасное воздействие на персонал негативных факторов, но и их кумулятивный эффект при длительном воздействии.

Дальнейшие работы в этом направлении предусматривают обоснование выбора стандартных методик и технических средств. В крайнем случае, необходимо будет предусмотреть разработку специализированных методик.

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Ранее выполненная идентификация профессиональных рисков, представленная в таблице 8, позволяет выработать решения по обеспечению безопасности производственного процесса, которые представлены в таблице 9. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств.

Таблица 9 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса	Перечень организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих устранение вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты
1) острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
2) движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	1) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками 2) устройства защитного отключения привода станков 3) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений	Специальная одежда, перчатки, защитные очки
3) повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	Индивидуальные средства защиты дыхательных путей
4) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	1) контроль изоляции и заземления 2) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 3) защитное заземление, защитное отключение	Специальная одежда, перчатки, резиновые коврики
5) повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	1) организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности 2) оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
6) инфракрасное излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений уровня инфракрасной радиации	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски
7) ультрафиолетовое излучение в рабочей зоне сверх безопасных значений	1) ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений 2) защитные экраны	Специальная одежда, перчатки, защитные маски

Представленные в таблице 9 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

Функционирование рассматриваемого в настоящей выпускной квалификационной работе технического объекта связано с риском возникновения пожара, который характеризуется локальным повышением температуры, отрицательным потуханием, может сопровождаться хлопками и отрицательной устойчивостью здания. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 10.

Таблица 10 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется ремонтная сварка
Наименование оборудования	технологическое оборудование, размещённое на участке сварки: шлифовальная машина, оборудование для газовой резки, центартор, сварочное оборудование, дефектокоп
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанном высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

На основании данных таблицы 10 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

Основными негативными факторами возможного пожара являются тепловой поток, разлетающиеся искры, повышенная температура воздуха, открытое пламя, токсические продукты термического разложения и горения, плохая видимость вследствие задымления, снижение концентрации кислорода в воздухе.

Также следует указать на наличие сопутствующих отрицательных проявлений пожара, к которым относят нарушение целостности изоляции и порчу электрического оборудования, отравление персонала используемыми при тушении химическими веществами, порчу оборудования используемыми при тушении химическими веществами.

В таблице 11 приведены технические средства по устранению этих факторов.

Таблица 11 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

Первичные средства пожаротушения	Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.
Мобильные средства пожаротушения	Специализированные расчеты (вызываются)
Стационарные установки системы пожаротушения	Нет необходимости
Средства пожарной автоматики	Установки пожарной сигнализации, пожарного оповещения
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, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

В качестве первичных средств тушения применяются: огнетушители, ящик с песком, кошма. В качестве средств индивидуальной защиты применяется план эвакуации. В качестве пожарного инструмента применяется топор, багор и лопата. В качестве средств оповещения применяются речевые, световые и звуковые оповещатели.

3.5 Защита окружающей среды

Необходимость взятых на себя Российской Федерацией обязательств по обеспечению защиты окружающей среды требует соблюдения норм экологической безопасности. Поэтому в рамках выполнения настоящей выпускной квалификационной работы необходимо следовать международной экологической повестке. Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы. В таблице 12 приведены негативные воздействия на окружающую среду, которые возникают при выполнении операций проектного технологического процесса.

Таблица 12 – Идентификация негативных экологических факторов

Операция	атмосфера	гидросфера	литосфера
1. Подготовка	вредные испарения	-	частицы упаковки, бытовой мусор
2. Сборка	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
3. Сварка	вредные испарения	масло	частицы упаковки, бытовой мусор
4. Контроль качества	вредные испарения	-	частицы упаковки, бытовой мусор

На основании анализа данных в таблице 12 могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 13 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств. Прежде всего следует обеспечить селективный сбор мусора.

Таблица 13 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование технического объекта	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
За счёт чего снижается антропогенное действие на атмосферу	«Применение специальных фильтров, устанавливаемых в вентиляционную систему цеха, которые позволяют собирать и утилизировать выделяющиеся при работе технологического оборудования вредные вещества» [3]
За счёт чего снижается антропогенное действие на гидросферу	«Контролировать утечки машинного масла из гидравлической системы технологического оборудования, в случае возникновения таких утечек их следует незамедлительно устранять» [3]
За счёт чего снижается антропогенное действие на литосферу	«На производственном участке необходимо выполнить установку ёмкостей, которые позволяют провести селективный сбор получаемых при выполнении технологического процесса отходов. Проведение инструктажа персонала о необходимости соблюдения мер по сбору мусора» [3]

Таким образом, предложенные мероприятия позволяют уменьшить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов.

Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при строительстве технологических трубопроводов.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции. Первая операция – подготовка кромок труб, которая выполняется с применением трубореза. Вторая операция – сборка, которая выполняется с применением центратора и измерительного инструмента. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Применение перспективных технологий по отношению к базовой технологии повлечёт за собой капитальные затраты, увеличение расходов на материалы и обслуживание оборудования.

В таблице 14 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов.

Таблица 14 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	IV	IV
Часовая тарифная ставка	$Cч$	Р/час	200	200
Коэффициент доплат	$K_{доп}$	%	12	12
Коэффициент отчислений на дополнительную ЗП	K_d	-	1,88	1,88
Коэффициент отчислений на социальные нужды	$K_{сн}$	%	34	34
Коэффициент выполнения нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Стоимость оборудования	$Ц_{об}$	руб.	40 тыс.	320 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	20	30
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$Ц_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,85
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	20	20
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	$(P/m^2)/год$	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	P/m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [16]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

Дальнейшие расчёты с использованием представленных выше данных предполагают оценку затрат на осуществление технологического процесса по проектному и базовому вариантам.

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

При выполнении операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса происходит работа оборудования в течение заданного времени. Величина заработной платы и вспомогательных затрат рассчитываются с учётом фонда времени работы оборудования, который следует рассчитать по исходным данным, представленным выше. Также следует принимать во внимание, что время работы оборудования позволяет рассчитать амортизационные отчисления и затраты на производственные площади. В проектом технологическом процессе и базовом технологическом процессе предусматривается выполнение операций в течение одинакового количества смен. Поэтому годовой фонд времени для проектного технологического процесса по отношению к годовому фонду времени базового технологического процесса не изменится.

Количество рабочих дней для одного года принимаем равным $D_p=277$, при этом продолжительность рабочей смены составляет $T_{см}=8$ часов. Также следует принимать во внимание уменьшение рабочей смены на величину $T_{п}=1$ час в предпраздничные дни, количество которых для одного календарного года составляет $D_{п}=7$ дней. Для количества рабочих смен $K_{см}=2$ рассчитываем годовой фонд времени:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_э = F_H(1-B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_э = 2209 \cdot (1 - 7/100) = 2054$ часов.

4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии

Величину штучного времени, которое будет затрачиваться на выполнение операций проектного технологического процесса и базового технологического процесса, рассчитываем с учётом нормирования труда по выполняемым операциям согласно технологической карте. Штучное время $t_{шт}$ включает в себя затраты времени на выполнение основных операций проектного и базового технологического процессов (машинное время $t_{маш}$), подготовительных и вспомогательных операций (вспомогательное время $t_{всп}$), личный отдых (время отдыха $t_{отд}$), подготовительно-заключительное время $t_{п-з}$ и времени на мелкий ремонт и обслуживание оборудования (время обслуживания $t_{обсл}$):

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 2,1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,5$ часа и $t_{шт.проектн.} = 0,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,8$ часа.

Размер годовой программы Π_r рассчитывается с учётом рассчитанных выше штучного времени для проектного и базового вариантов технологии, а также с учётом ранее определённого годового фонда времени работы оборудования:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{r.баз.} = 2054/2,5 = 1643$ стыков для базового технологического процесса и $\Pi_{r.пр.} = 2054/0,8 = 5135$ стыков для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 1500$ стыков в год.

Требуемое количество технологического оборудования определяем с учётом ранее рассчитанного штучного времени для проектного варианта технологии и базового варианта технологии. При этом следует учесть коэффициент выполнения нормы $K_{\text{вн}} = 1,03$. Выполняем расчёт:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 2,5 \cdot 1500 / (2054 \cdot 1,03) = 1,8$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 0,8 \cdot 1500 / (2054 \cdot 1,03) = 0,6$ для проектного варианта технологического процесса.

В дальнейшем при выполнении экономических расчётов количество оборудования для выполнения операций базового технологического процесса принимаем $n=2$. Количество оборудования для выполнения операций проектного технологического процесса принимаем $n=1$. На основании этого выполним расчёт коэффициента загрузки оборудования K_z для базового и проектного вариантов технологии:

$$K_z = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_z = 1,8/2 = 0,9$ для базового варианта технологического процесса и $K_z = 0,6/1 = 0,6$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования K_z для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

При расчётах следует принимать во внимание, что производительность в проектной технологии по сравнению с базовой технологией значительно увеличилась. Это приводит либо к уменьшению количества применяемого оборудования, либо к уменьшению коэффициента загрузки оборудования. В настоящей выпускной квалификационной работе уменьшается количество используемого оборудования.

4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам

Выполнение операций проектного технологического процесса и операций базового технологического процесса происходят с применением расходных материалов, затраты на которые рассчитываются в зависимости от коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{ТЗ}$, цены материалов C_m и нормы расходов материалов H_p по формуле:

$$M = C_m \cdot H_p \cdot K_{ТЗ} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M = 300 \cdot 0,6 \cdot 1,05 = 189$ рублей для операций базового технологического процесса; для операций проектного технологического процесса: $M = 400 \cdot 0,5 \cdot 1,05 + 60 \cdot 12 \cdot 0,2 \cdot 1,05 = 361$ рублей.

Применение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений и организационных мероприятий приводит к повышению расходов на сварочные материалы. Это объясняется тем, что базовая технология предусматривает применение ручной дуговой сварки, в качестве материалов которой выступают штучные электроды. Проектная технология сварки предусматривает применение более прогрессивной процесса – механизированной сварки в защитных газах. В качестве сварочных материалов в этом случае выступает сварочная проволока и защитный газ.

Величина основной заработной платы рассчитывается на основании штучного времени $t_{шт}$, часовой тарифной ставки C_q и коэффициента доплат K_d , который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_d = 1,88$:

$$Z_{осн} = t_{шт} \cdot C_q \cdot K_d . \quad (8)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 2,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 940$ рублей для базового варианта

технологического процесса и $Z_{\text{осн}} = 0,8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 301$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

Величина дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$ рассчитывается в зависимости от рассчитанной выше основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и коэффициента доплат $K_{\text{доп}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{доп}} = 12 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 940 \cdot 12 / 100 = 113$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 300 \cdot 12 / 100 = 36$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 940 + 113 = 1053$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 301 + 36 = 337$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Отчисления на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ рассчитываем с учётом коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, который для рассматриваемой выпускной квалификационной работы принимается равным $K_{\text{сн}} = 34 \%$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 1053 \cdot 34 / 100 = 358$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 337 \cdot 34 / 100 = 115$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величину затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ определяем расчётным путём на основании амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ и затрат на электрическую энергию P_3 :

$$Z_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_3. \quad (11)$$

При вычислении амортизационных отчислений $A_{об}$ следует учитывать норму амортизации H_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $H_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{маш}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования $F_э$ и цена оборудования $Ц_{об}$.

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 40000 \cdot 21,5 \cdot 2,5 / 2054 / 100 = 10$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 320000 \cdot 21,5 \cdot 0,8 / 2054 / 100 = 27$ рублей.

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций по проектному технологическому процессу рассчитываются с учётом мощности оборудования $M_{уст}$, КПД оборудования, машинного времени $t_{маш}$ и стоимости электрической энергии для предприятий $Ц_{ээ}$:

$$P_{ээ} = M_{уст} \cdot t_{маш} \cdot Ц_{ээ} / \text{КПД}. \quad (13)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 20 \cdot 2,5 \cdot 3,4 / 0,7 = 242$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 30 \cdot 0,8 \cdot 3,4 / 0,85 = 96$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $З_{об} = 10 + 242 = 252$ рублей по базовому технологическому процессу и $З_{об} = 27 + 96 = 123$ рублей по проектному технологическому процессу.

Размер технологической себестоимости $C_{тх}$ определяется исходя из ранее определённых значений затрат на материалы M , отчислений на социальные нужды $O_{сн}$, фонда заработной платы ФЗП и затрат на оборудование $З_{об}$:

$$C_{\text{тех}} = M + \PhiЗП + O_{\text{сс}} + З_{\text{об}} . \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{тех}} = 189 + 1053 + 358 + 252 = 1852$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{\text{тех}} = 361 + 337 + 115 + 123 = 936$ рублей.

Размер цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ определяется исходя из ранее определённой технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$, коэффициента цеховых расходов $K_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $З_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}} = 1852 + 1,5 \cdot 940 = 1852 + 1410 = 3262$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}} = 936 + 1,5 \cdot 300 = 936 + 450 = 1386$ рублей.

Размер заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ определяется исходя из ранее определённой цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$, коэффициента заводских расходов и основной заработной платы $З_{\text{осн}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 3262 + 1,15 \cdot 940 = 3262 + 1081 = 4343$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 1386 + 1,15 \cdot 300 = 1386 + 345 = 1731$ рублей.

Таблица 15 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости

Показатель	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы	M	189	361
2. Фонд заработной платы	$\PhiЗП$	1053	337
3. Отчисления на соц. нужды	$O_{\text{сн}}$	358	115
4. Затраты на оборудование	$З_{\text{об}}$	252	123
5. Технологическая себестоимость	$C_{\text{тех}}$	1852	936
6. Цеховые расходы	$P_{\text{цех}}$	1410	450
7. Цеховая себестоимость	$C_{\text{цех}}$	3262	1386
8. Заводские расходы	$P_{\text{зав}}$	1081	345
9. Заводская себестоимость» [9]	$C_{\text{зав}}$	4343	1731

Данные, представленные в таблице 15, позволяют судить о высокой эффективности проектной технологии, которая позволяет уменьшить заводскую себестоимость относительно базовой технологии. Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

Вычисляем капитальные затраты $K_{\text{общ. б.}}$ на реализацию технологического процесса по базовому варианту. Расчёт следует выполнять с учётом коэффициента загрузки оборудования K_p и остаточной стоимости оборудования $\Pi_{\text{об. б.}}$.

Величину остаточной стоимости оборудования определяем с учётом рыночной стоимости аналогичного нового оборудования $\Pi_{\text{перв.}}$, срока службы оборудования $T_{\text{сл}}$ и нормы амортизационных отчислений N_a :

$$\Pi_{\text{об. б.}} = \Pi_{\text{перв.}} - (\Pi_{\text{перв.}} \cdot T_{\text{сл}} \cdot N_a / 100). \quad (17)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 40000 - (40000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 14200$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

$$K_{\text{общ. б.}} = \Pi_{\text{об. б.}} \cdot K_{3. б.} \quad (18)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 2 \cdot 14200 \cdot 0,89 = 25276$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные

площади $K_{пл.пр.}$, сопутствующих затрат $K_{соп}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{об.пр.}$:

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

Величина капитальных затрат на оборудование для реализации проектного варианта технологического процесса рассчитывается с учётом коэффициента транспортно-заготовительных расходов, значение которого для настоящей выпускной квалификационной работы составило $K_{тз}=1,05$, цены оборудования $Ц_{об}$ и коэффициента загрузки оборудования $K_з$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{об.пр.} = 320000 \cdot 1,05 \cdot 0,56 = 188160$ рублей.

Величина сопутствующих затрат $K_{соп}$ рассчитывается с учётом расходов на демонтаж $P_{дем}$ оборудования по базовому технологическому процессу и монтаж $P_{мон}$ оборудования по проектному технологическому процессу.

Расходы на демонтаж с учётом коэффициента расходов на демонтаж оборудования $K_{дем} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{дем} = Ц_{об. б.} \cdot K_{д.} \quad (21)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{дем} = 2 \cdot 40000 \cdot 0,05 = 4000$ рублей.

Расходы на монтаж с учётом коэффициента расходов на монтаж оборудования $K_{мон} = 0,05$ рассчитываются как

$$P_{монт} = Ц_{об. пр.} \cdot K_{м.} \quad (22)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{монт} = 320000 \cdot 0,05 = 16000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

$$P_{соп} = P_{дем} + P_{монт.} \quad (23)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 4000 + 16000 = 20000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 188160 + 20000 = 208120$ рублей.

Расчёт дополнительных капитальных вложений $K_{\text{доп}}$ проводим с учётом капитальных затрат для проектной технологии $K_{\text{общ. пр.}}$ и капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б.}}$:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 208120 - 25276 = 182844$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы $P_{\text{г.}}$:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ. пр.}} / P_{\text{г.}} \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 25276/1500 = 17$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 208120 / 1500 = 138$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

Для выполнения экономического обоснования настоящей выпускной квалификационной работы рассчитаем основные показатели эффективности.

Снижение трудоемкости $\Delta t_{\text{шт}}$ рассчитывается как

$$\Delta t_{\text{шт}} = (t_{\text{шт б.}} - t_{\text{шт пр.}}) \cdot 100 \% / t_{\text{шт б.}} \quad (26)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{\text{шт}} = (2,5 - 0,8) \cdot 100 \% / 2,5 = 68 \%$.

Повышение производительности $P_{\text{т}}$ рассчитывается как

$$P_{\text{т}} = 100 \cdot \Delta t_{\text{шт}} / (100 - \Delta t_{\text{шт}}). \quad (27)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 68 / (100 - 68) = 212 \%$.

Уменьшение технологической себестоимости $\Delta C_{\text{тех}}$ рассчитывается как

$$\Delta C_{\text{тех}} = (C_{\text{тех.б.}} - C_{\text{тех.пр.}}) \cdot 100\% / C_{\text{тех.б.}} \quad (28)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{\text{тех}} = (3262 - 1386) \cdot 100\% / 3262 = 57 \%$.

Размер условно-годовой экономии $P_{\text{ож}}$ рассчитывается как

$$P_{\text{ож}} = \Xi_{\text{уг}} = (C_{\text{зав.б.}} - C_{\text{зав.пр.}}) \cdot P_T \quad (29)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{ож}} = (4343 - 1731) \cdot 1500 = 3918000$ рублей.

Длительность срока окупаемости предлагаемых мероприятий $T_{\text{ок}}$ составляет:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{доп}} / \Xi_{\text{уг}} \quad (30)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{\text{ок}} = 182844 / 3918000 = 0,1$ года.

Величина годового экономического эффекта Ξ_T рассчитывается как

$$\Xi_T = \Xi_{\text{уг}} - E_n \cdot K_{\text{доп}} \quad (31)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Xi_T = 3918000 - 0,33 \cdot 182844 = 3858000$ рублей.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 212 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 57 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,85 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

Заключение

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена решению вопроса повышения эффективности сварочных технологий при строительстве технологических трубопроводов. В результате краткого анализа состояния вопроса, выполненного в водной части, обоснована актуальность повышения эффективности сварки технологических трубопроводов насосных станций.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением горением сварочной дугой. Для повышения эффективности сварки предложено внедрить технологии STT, которые позволяют повысить производительность сварочных работ и уменьшить разбрызгивание электродного металла.

Проектная технология может быть условно разделена на четыре операции. Первая операция – подготовка кромок труб, которая выполняется с применением трубореза. Вторая операция – сборка, которая выполняется с применением центратора и измерительного инструмента. Третья операция – сварка, которая выполняется с применением источника тока, механизма подачи сварочной проволоки и оборудования для подачи защитного газа. Четвёртая операция – контроль качества, который выполняется с применением набора визуально-измерительного контроля и дефектоскопа.

Выполнение операций проектного технологического процесса, который был представлен в исполнительском разделе настоящей выпускной квалификационной работы, приводит к возникновению негативных производственных факторов и негативных экологических факторов. Выполненная идентификация этих негативных факторов позволила предложить стандартные методики и технические средства для защиты персонала и окружающей среды.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений. Производительность труда повышается на 212 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 57 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 3,85 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

Таким образом, внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений в производство позволяет получить доказанный расчётным путём экономический эффект. Доказана экономическая и технологическая эффективность предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений.

На основании вышеизложенного следует считать поставленную цель выпускной квалификационной работы достигнутой.

Результаты настоящей выпускной квалификационной работы рекомендуются к внедрению на предприятиях, которые выполняют работы по строительству и ремонту технологических трубопроводов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. М.: Машиностроение, 1977
2. Березин В. Л., Суворов А. Ф. Сварка трубопроводов и конструкций. М. : Недра. 1976. 359 с.
3. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
4. Бут В. С., Олейник О. И. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации // Автоматическая сварка. 2014. № 5. С. 42–50.
5. Голов Р.С., Сорокин А.Е., Мельник А.В., Рожков И.В. Основные технологические и маркетинговые тенденции развития сварочного производства // Сварочное производство. 2016. № 11. С. 46–51.
6. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
7. Дудко Д. А., Сидорчук В. С., Зацерковный С. А. Технология ручной дуговой сварки покрытыми электродами с модуляцией параметров режима //Автоматическая сварка. 1991. № 12. С.59–60.
8. Еремин Е. Н., Кац В. С., Бородихин С. А. Оборудование для дуговой сварки под слоем флюса. Омск : ОмГТУ, 2018. 121 с.
9. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
10. Карасев М. В., Вышемирский Е. М., Беспалов В. И. Особенности современных установок для механизированной сварки плавящимся электродом в защитных газах // Автоматическая сварка. 2004. № 12. С. 38–41.
11. Карасев М. В., Копиленко Е. А., Павленко Г. В. Основные тенденции развития производства сварочного оборудования в объединении

«СЭЛМА-ИТС» и его применение в России и странах СНГ // Автоматическая сварка. 2002. № 5. С. 52–57.

12. Карасев М. В., Работницкий Д. Н., Павленко Г. В. Новые разработки НПО «Сэлма-ИТ» в области дуговой сварки в защитных газах // Автоматическая сварка. 2004. № 5. С. 40–46.

13. Карасев М. В., Работницкий Д. Н., Павленко Г. В. Сравнительный анализ сварочно-технологических свойств современных выпрямителей для сварки в защитных газах // Сварка в Сибири. 2003. № 2. С. 17–22.

14. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.

15. Колюпанов О. В. Усовершенствованный процесс STT для сварки корневого шва стыков труб // Территория Нефтегаз. 2011. № 11. С. 15–19.

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

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

18. Мазур А.А., Маковецкая О.К., Пустовойт С.В., Петрук В.С. Экономико-статистический обзор мирового и региональных рынков сварочных материалов // Автоматическая сварка. 2019. № 9. С. 45–51.

19. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.

20. Павлова И. А., Павлов А. С. Техничко-экономический анализ при внедрении инновации на производственном предприятии // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 40. С. 14–21.

21. Патент № 2219032 РФ, МКИ В23К35/365. Состав электродного покрытия / Лозовский М. М., Волохов А. П., 2003.

22. Патон Б. Е., Лебедев А. В. Управление плавлением и переносом электродного металла при сварке в углекислом газе // Автоматическая сварка. 1988. № 11. С. 1–5.

23. Патон Б. Е. Потапьевский А. Г., Подола И. В. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом с программным регулированием процесса // Автоматическая сварка. 1964. № 1. С. 1–6.

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

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

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

27. Сараев Ю. Н. Безбородов, В. П., Тютев А. В. Влияние режима сварки на формирование структуры и свойства сварных соединений // Обработка металлов. 2005. № 1. С. 25–26.

28. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов и др.; под ред. Ю. В. Казакова. - 3-е изд., стер.; Гриф МО. - М. : Академия, 2003. – 399 с.

29. Шлепаков В. Н., Гаврилюк Ю. А., Котельчук А. С. Современное состояние разработки и применения порошковых проволок для сварки углеродистых и низколегированных сталей // Автоматическая сварка. 2010. № 3. С. 46–51.

30. Stava E. K. The surface-tension transfer power source: A new, low-spatter arc welding machine // Welding J. 1993. № 1. P. 25–29.