

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)

Современные технологические процессы изготовления деталей в машиностроении

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология ремонтной сварки технологических трубопроводов станций подачи
питьевой воды

Обучающийся

А.В. Гвозденко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Г. Бочкарев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), И.О. Фамилия)

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), И.О. Фамилия)

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), И.О. Фамилия)

Аннотация

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварочных работ на примере ремонтной сварки технологических трубопроводов насосных станций. При анализе исходных данных рассмотрена конструкция технологического трубопровода, особенности сварки его материала и операции базового процесса ремонтной сварки, после чего сформулированы недостатки базовой технологии, далее на основании литературного обзора сформулированы задачи для выполнения выпускной работы. На основании экспертной оценки преимуществ и недостатков альтернативных способов сварки выполнено обоснование выбора способа сварки для построения проектной технологии, после чего предложены мероприятия по расширению технологических возможностей применительно к рассматриваемой конструкции. Далее составлена проектная технология ремонтной сварки технологического трубопровода. В оценочных разделах выполнена идентификация негативных производственных факторов и предложены меры по их устранению. Также в оценочном разделе проведен сравнительный анализ экономических показателей базового и проектного технологического процесса ремонтной сварки, на основании которого сделан вывод об экономической целесообразности внедрения в производство предлагаемых технологических решений. В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе, показано достижение поставленной цели и направления дальнейших исследований, проведение которых предполагается в ходе выполнения магистерской диссертации.

Содержание

Введение	5
1 Анализ исходных данных и известных решений по тематике выпускной квалификационной работы.	6
1.1 Сведения о трубопроводе и условиях его эксплуатации.	6
1.2 Сведения о материале трубопровода	9
1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки технологического трубопровода.	11
1.4 Анализ научной литературы по рассматриваемой тематике.	17
1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы.	20
2 Построение проектной технологии ремонтной сварки технологического трубопровода.	21
2.1 Обоснование выбора способа сварки для построения проектной технологии	21
2.2 Расширение технологических возможностей механизированной сварки в защитных газах	26
2.3 Операции проектного технологического процесса.	29
3 Промышленная безопасность производственного участка.	35
3.1 Описание технологического объекта и постановка оценочной задачи	35
3.2 Идентификация негативных производственных факторов.	36
3.3 Нейтрализация негативных производственных факторов.	38
3.4 Пожарная безопасность производственного участка	40
3.5 Обеспечение экологической безопасности производственного участка.	42
4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений.	44

4.1 Исходные данные для экономического расчёта.	44
4.2 Фонд времени работы оборудования.	46
4.3 Расчёт штучного времени и годовой программы производства. .	47
4.4 Заводская себестоимость.	49
4.5 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам.	54
4.6 Расчёт изменяющихся технологических показателей.	56
Заключение	58
Список используемой литературы и используемых источников.	60

.

Введение

В настоящее время следует признать изношенность коммунальных систем, что особенно сильно выражается в состоянии технологических трубопроводов, которые применяются в различных установках и системах. Одним из важных компонентов городской среды является система подачи питьевой воды, которая осуществляется через трубопроводную сеть посредством напорных станций. Строительство новых станций подачи воды и проведение капитального ремонта предусматривает выполнение значительного объема работ по сварке стыков трубопроводов. Значительное распространение при этом получила ручная дуговая сварка, которая обладает необходимой универсальностью и может быть реализована при минимальных вложениях средств в производственную базу [6]. Однако требования по повышению производительности и качества выполняемых сварочных работ заставляют искать пути повышения эффективности сварочного производства, модернизировать применяемые способы сварки и осваивать новые способы сварки. Именно поэтому при построении новых технологических процессов с применением сварочных технологий следует отдавать предпочтение механизированным способам, к которым относят сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения и сварку порошковой проволокой [3].

«Проектные технологии должны предусматривать применение новых технических решений и организационных мероприятий по расширению технологических возможностей способов сварки» [3], так как именно учет научных достижений позволяет достигнуть максимального повышения экономических показателей производства. Таким образом, техническим и технологическим рекомендациям должны предшествовать литературные изыскания, направление на изучение мирового опыта и достижений исследователей-сварщиков. Очевидна и цель работы – повышение эффективности сварочных работ при выполнении стыков на трубопроводах станций подачи питьевой воды.

1 Анализ исходных данных и известных решений по тематике выпускной квалификационной работы

1.1 Сведения о трубопроводе и условиях его эксплуатации

В настоящей работе рассматривается сварка технологического трубопровода на станции поддачи питьевой воды, схема которой представлена на рисунке 1. Производительность станции составляет 48 тысяч кубических метров в сутки, что позволяет обеспечить потребности в питьевой воде город населением 200 тысяч человек. Из источника питьевой воды насосная станция забирает воду «со скоростью 600 литров в секунду и подает её потребителю через систему трубопроводов. В случае возникновения пожара возможно кратковременное повышение скорости передачи воды до 760 литров в секунду. В конструкции насосной станции предусмотрено наличие пяти насосов, из которых постоянно работает три насоса, а два других насоса находятся в резерве и подключаются по мере необходимости. Максимальная производительность каждого насоса составляет 660 литров в секунду. Нагнетаемый напор в системе соответствует подаче с высоты 84 метра. Трубопровод станции имеет всасывающие трубопроводы диаметром 600 мм и напорный трубопровод диаметром 450 мм. Нормативное потребление воды при перекачке с применением рассматриваемой насосной станции характеризуется коэффициентом неравномерности 1,25, при этом на рисунке 2 представлен суточный график потребления воды с учётом часовой неравномерности. Подающие насосы в момент пуска должны быть защищены от режима сухого пуска, для этого они снабжены вакуум-насосами, которые заливают воду перед пуском подающих насосов» [20]. Также станция оснащается двумя дренажными насосами, предназначенными для откачки воды в случае заливания помещений станции водой.

Всасывающие водоводы соединены в один коллектор, насосы расположены в один ряд параллельно продольной оси станции.

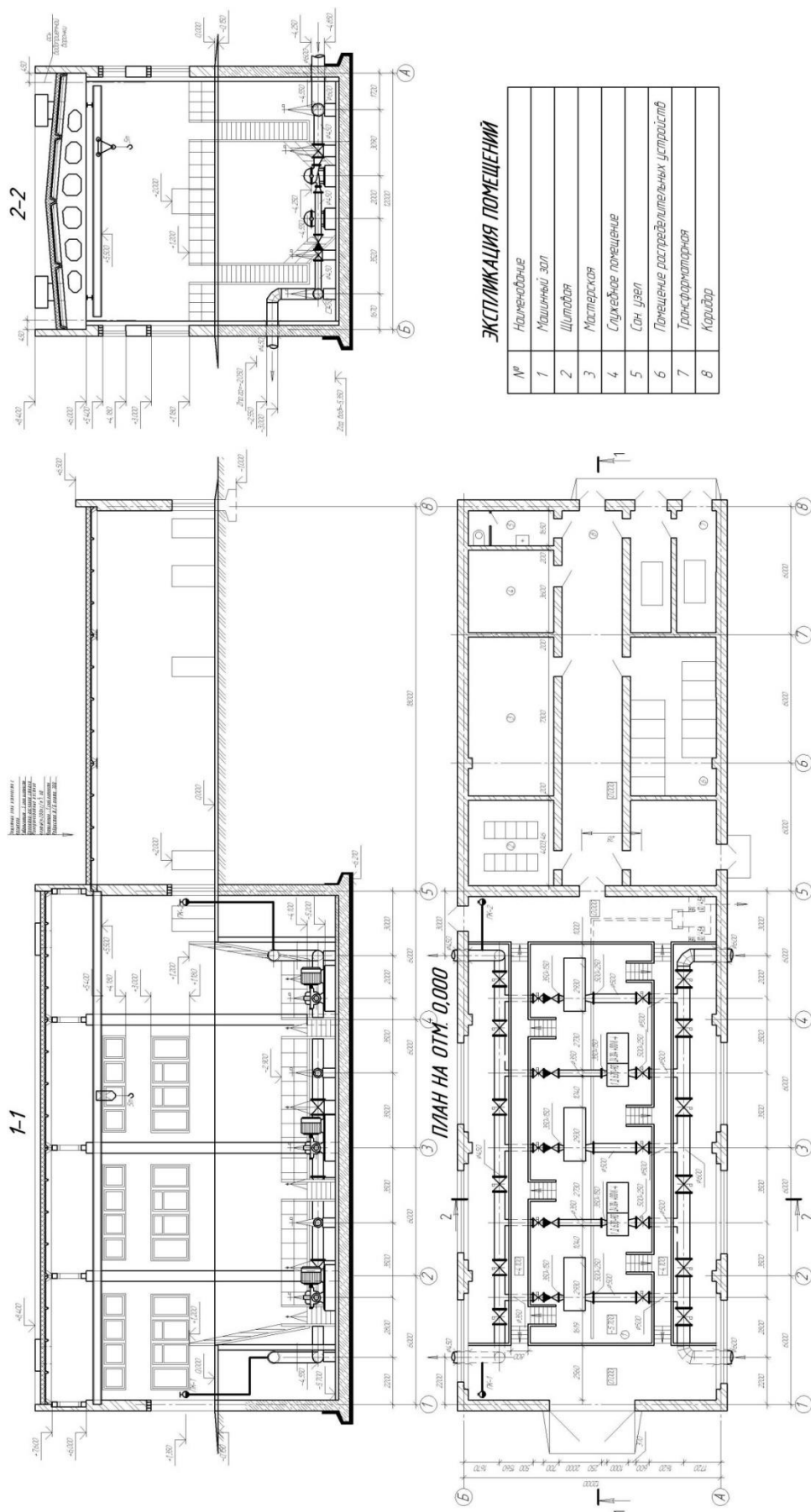


Рисунок 1 – Планировка насосной станции

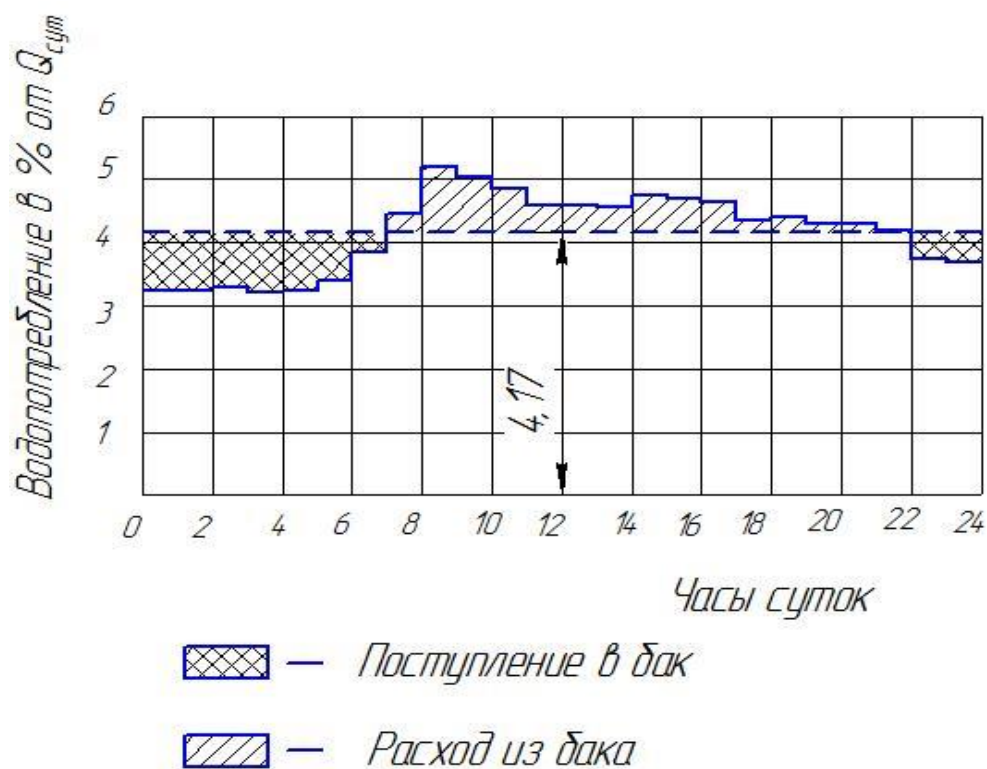


Рисунок 2 – Суточный график расхода воды при перекачке насосной станцией с учётом часовой неравномерности

Диаметр водоводов составляет 600 мм, диаметр напорных труб составляет 450 мм. Исходя из этого выбирается арматура для построения технологического трубопровода станции – задвижек и редукторов. Также в конструкции трубопровода предусмотрено наличие обратных клапанов для предотвращения обратного тока воды. Расходомер служит для оценки объема потребления воды и устанавливается в каждом напорном трубопроводе. Производительность дренажного насоса составляет 10 тиров в минуту при напоре 45 метров. Для перемещения внутри станции оборудования и элементов трубопровода при проведении ремонта применяется подвесной кран, грузоподъемность которого составляет 5 тонн. «Здание насосной станции выполнено одноэтажным с высотой потолка 5,3 метра, для установки оборудования предусмотрено частичное заглубление машинного зала. Фундамент станции выполнен монолитным из бетона. Помещения станции – машинный зал, электроцитовая, трансформаторная, мастерская, служебка, санузел, распределительная» [20].

1.2 Сведения о материале трубопровода

«Для изготовления технологического трубопровода рассматриваемой настоящей выпускной квалификационной работе насосной станции применяются трубы из стали 17Г1С» [10], которая относится к низколегированным сталям строительного и машиностроительного назначения. Содержание химических элементов в стали 17Г1С представлено в таблице 1. Работа конструкций из стали 17Г1С допускается при температурах от -40 до +475 °С, при этом допускается длительное действие на конструкцию повышенных давлений до 2,2 МПа. Таким образом, рассматриваемая сталь может быть применена для изготовления трубопроводов холодной и горячей воды. Класс прочности стали составляет К52, что позволяет использовать её при строительстве как технологических, так и магистральных трубопроводов, по которым осуществляется передача природного газа, нефтепродуктов, воды и пара.

Таблица 1 – Химический состав стали 17Г1С

С	Mn	Si	S	P	N
0,15-0,2	1,15-1,6	0,4-0,6	до 0,04	до 0,035	до 0,008

Анализ разрушений длительно эксплуатируемых трубопроводов из стали 17Г1С показывает определяющую роль концентраторов напряжений, как правило, аварийное разрушение трубопровода происходит по причине развития усталостной трещины, которая зарождается вблизи концентратора напряжений. При этом трещина может распространяться как по сварному шву, так и по телу самой трубы в основном металле. Сама сталь 17Г1С по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей имеет отличия. Сварочный цикл, вызывая перегрев основного металла, приводит укрупнению зерна в основном металле, что становится причиной снижения его механических и эксплуатационных свойств [10]. По этой причине в зоне сварного шва наблюдается снижение прочности по сравнению с основным металлом трубы.

Это объясняется отрицательным действием содержащихся в металле элементов углерода и кремния, содержание которых по сравнению с низкоуглеродистой сталью в рассматриваемой стали выше. Также при сварке стали 17Г1С с применением стандартных сварочных материалов в зоне сварного шва может наблюдаться коррозионное растрескивание, что может быть устранено путем применения специализированных сварочных материалов с пониженным содержанием кремния и углерода. При выполнении сварных конструкций из рассматриваемой стали особое внимание следует уделить соблюдению техники сварки, от которой зависит термический цикл металла и свойства сварного соединения.

Под действием термического цикла в процессе сварки в стали 17Г1С могут образовываться закалочные структуры, которые в общем случае равномерно распределены в ферритной фазе и не оказывают сколько-нибудь существенного отрицательного влияния на свойства сварного соединения. Однако, если техника сварки нарушается, неблагоприятные изменения термического цикла могут приводить к локальному перегреву и образованию зон с увеличенным количеством одинаково ориентированных закалочных структур, в которых в дальнейшем будет происходить образование трещин. «Марганец и кремний, содержание которых в рассматриваемой стали выше, чем в низкоуглеродистых сталях, усиливают это явление. В результате сварку трубопроводов из стали 17Г1С следует вести на пониженной по сравнению со сваркой низкоуглеродистых сталей погонной энергией» [2].

«С целью повышения прочности металла сварного шва при изготовлении конструкций из стали 17Г1С рекомендуется применять сварочные материалы с дополнительным легированием такими элементами, как ванадий и ниобий» [2], которые позволяют уменьшить размер зерен сварного шва и повысить стойкость против трещин.

Также для снижения вероятности образования трещин следует ограничить в сварочных материалах содержание серы.

1.3 Особенности базовой технологии ремонтной сварки технологического трубопровода

В ходе длительной эксплуатации насосной станции, а также внешнего воздействия происходит разрушение её технологического трубопровода на ряде участков, которые необходимо устранять путем демонтажа и сварки новых участков. На рисунке 3 представлен технологический трубопровод насосной станции и пример разрушения трубы. При выполнении ремонтной сварки необходимо вырезать дефектный участок трубы, изготовить ремонтный патрубок в размер дефектного участка, установить патрубок в место выреза, выполнить сварку двух стыков, провести термическую обработку и контроль качества.

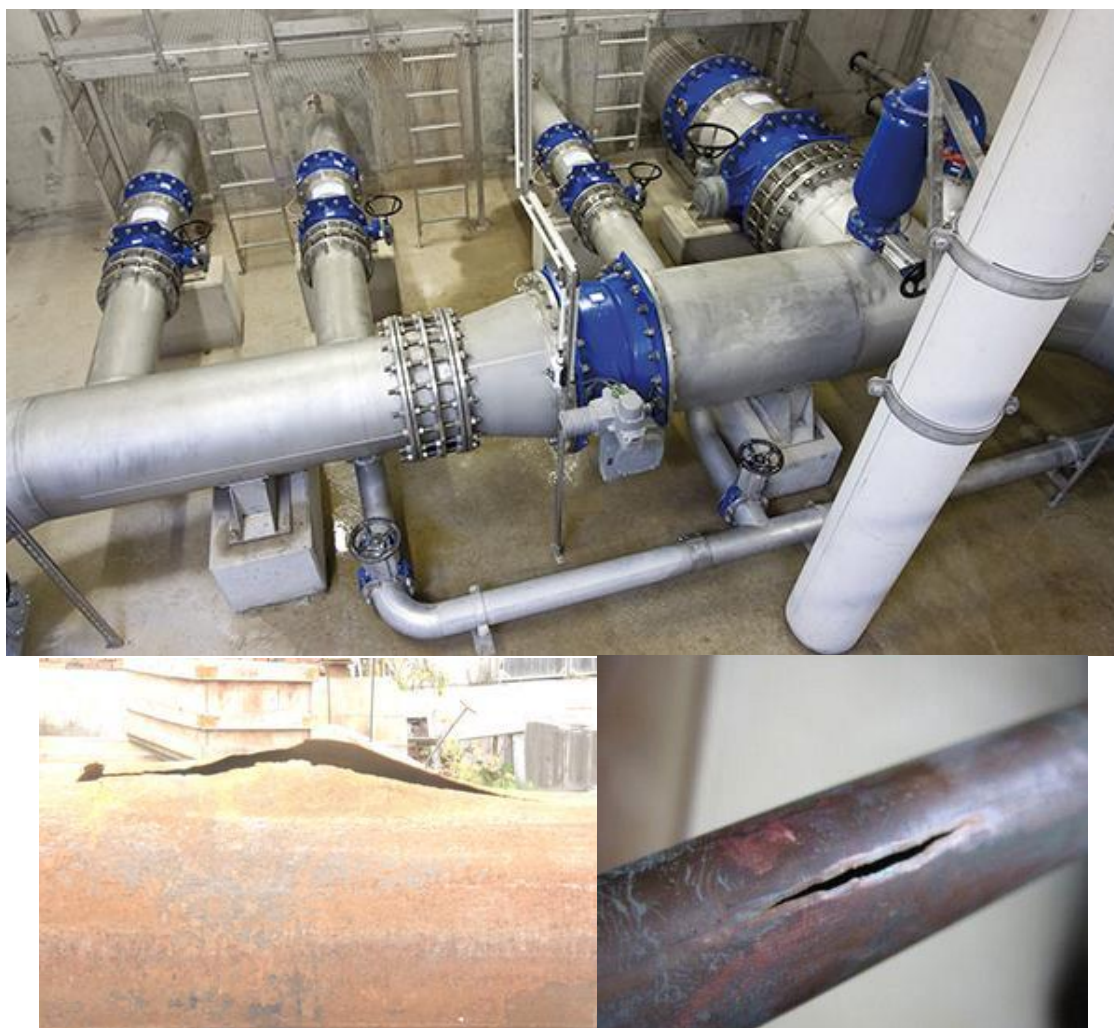


Рисунок 3 – Технологический трубопровод насосной станции

Предварительно проводят входной контроль заготовок и сварочных материалов. При приемке сварочных материалов особое внимание следует уделить их условиям хранения и внешним признакам, характеризующим нарушение условий хранения (повреждения упаковки, следы залива водой, плесень). Все материалы, заготовки и элементы трубопровода должны иметь техническую документацию. Также необходимо убедиться в исправности сварочного оборудования и измерительных приборов. Перед выполнением сборки и сварки необходимо проверить наличие и «функционирование средств индивидуальной защиты. Персонал перед допуском к работам должен быть проверен на соответствие квалификации, что подтверждается наличием документов. Перед выполнением работ необходимо проведение инструктажа по технике безопасности. Также перед проведением работ проверяется наличие у производителя проектной документации, лицензии на проведение работ» [6] и наличие утвержденных технологических карт.

Для подготовки труб может быть применена как термическая резка или строжка, так и механическая резка. Если применяется термическая резка, после неё необходимо удаление окисленного металла с применением механических способов. В базовом варианте технологии для вырезки дефектного участка применяется резак ГРМ-70 с последующей зачисткой зоны реза шлифовальной машиной МШУ-1-6-230. После механической обработки шероховатость реза не должна превышать нормативную, «должны отсутствовать выступы и неровности, которые могут затруднить последующую сборку стыка. На рисунке 4 представлена геометрия стыка, на которой изображена разделка кромок и точность стыковки труб перед сваркой. Соблюдение размеров стыка перед сваркой проверяют с применением шаблонов, металлической линейки» [6] и универсального шаблона сварщика. В случае нарушения геометрии стыка и подготовки поверхности труб стык к сварке не допускается и должна быть проведена повторная его подготовка под сварку с последующей повторной проверкой.

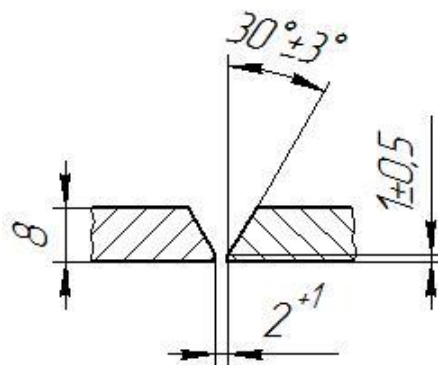


Рисунок 4 – Требования к подготовке кромок и сборке стыка перед сваркой

«При сборке стыка под сварку применяются специализированные сборочные приспособления, которые позволяют получить требуемую точность взаимного расположения деталей. Кроме того, перед сваркой следует убедиться в равномерности зазора по всему периметру стыка» [6] и соблюдение соосности труб. Целесообразно применение внешнего центриатора эксцентрикового типа, как это показано на рисунке 5. «При сборке следует располагать заводские швы на трубах и заготовках таким образом, чтобы расстояние между ними составляло не менее 100 мм. перед сваркой поверхность труб и заготовок зачищается до металлического блеска. Ширина зачистки составляет 20 мм от свариваемых кромок снаружи трубы и 10 мм от свариваемых кромок изнутри трубы. Проверка прямолинейности сборки труб проходит с применением металлической линейки» [6], как это показано на рисунке 6.



Рисунок 5 – Сборка труб с применением внешнего центриатора

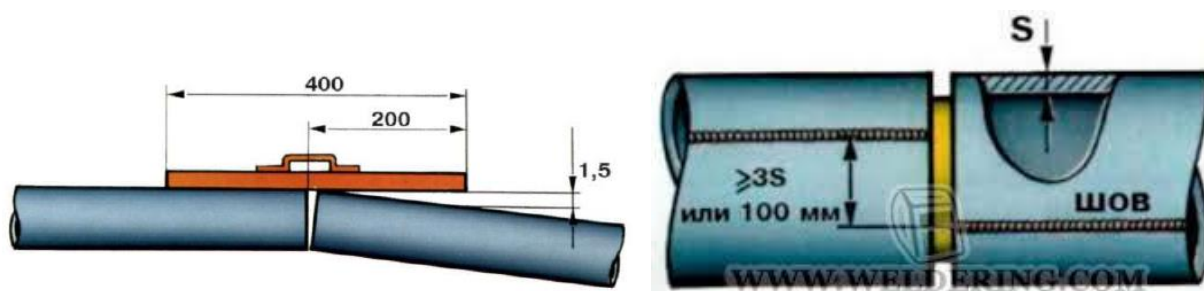


Рисунок 6 – Проверка прямолинейности при сборке стыка труб

«После сборки труб выполняется прихватка. Расположение прихваток должно быть равномерным по периметру стыка» [6] преимущественно в горизонтальном и вертикальном положении, прихватки в потолочном положении трубы выполняться не должны, так как в таком положении тяжелее обеспечить качество сварного шва. Прихватки должны располагаться не ближе 100 мм к заводским швам на трудах и заготовках. Прихватки выполняют с применением электродов УОНИ 13/55. Сварку и прихватку выполняют с применением представленного на рисунке 7 сварочного выпрямителя ВДУ-506. При выполнении прихваток сварку ведут на параметрах режима, взятых из таблицы 2 для корневого слоя шва. «К выполнению прихваток предъявляются такие же требования по качеству, как и к корневому слою шва. В случае обнаружения недопустимых дефектов прихватку полностью удаляют механическим способом и переваривают» [6].

После выполнения прихваток и проверки их качества проводят сварку корневого слоя шва. Освобождение центратора проводят после сварки всего корня шва. До момента полной заварки корневого слоя по всему периметру сварной стык запрещено подвергать механическим воздействиям.

Таблица 2 – Параметры режима сварки в зависимости от слоя сварного шва при выполнении стыка по базовой технологии

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



Рисунок 7 – Сварочный выпрямитель ВДУ-506

После сварки корневого слоя шва проводят механическую зачистку поверхности сварного шва и проверку качества визуальным осмотром. При обнаружении трещин, незаваренных кратеров, прожогов и выходящих на поверхность дефектов типа пор или раковин дефектное место следует удалить механическим путем и переварить.

Заполнение разделки ведут на параметрах режима согласно таблице 2. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Запрещается возбуждать и гасить сварочную дугу на основном металле. Кратеры следует выводить на ранее наплавленный металл или на поверхность труб в области сварных кромок.

После сварки поверхность труб на расстояние 20 мм в обе стороны от сварного шва должна быть очищена от загрязнений, шлака и брызг металла. после очистки поверхности труб от шлака и брызг расплавленного металла проводят контроль качества. Для выполнения визуального контроля «применяют лупу с увеличением в 4...7 раз, которая дополнительно снабжена подсветкой. Визуальному контролю следует подвергать все сварные швы по всей их протяженности. Проверяется отсутствие трещин всех видов и направлений, непроваров и несплавлений» [6], незаваренных кратеров и наплывов.

После положительного решения о результатах проведения визуального

контроля проводят ультразвуковой контроль сваренного стыка не менее чем на трех участках. 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.

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» [6].

1.4 Анализ научной литературы по рассматриваемой тематике

Для обеспечения высокого технологического уровня решений задач выпускной квалификационной работы «проведен поиск и анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки стыков трубопроводов. Для поиска была применена сеть ИНТЕРНЕТ, поиск велся в системе GOOGLE по ключевым словам. Кроме того, поиск велся в базе научных статей Киберленинка, в которой имеется значительное количество публикаций отечественных авторов по техническим направлениям. Также поиск велся в базе диссертаций Диссеркэт, которая содержит значительное количество текстов диссертаций и авторефератов диссертаций по техническим направлениям» [6], которые были защищены в последние 30 лет. Также для поиска была применена система Е-Лайбнери, которая позволяет вести квалифицированный поиск по статьям и патентам российских авторов. Таким образом, для последующего анализа было выбрано пять работ.

В первой работе [17] доказана высокая эффективность применения сварочных автоматов и порошковой проволоки при выполнении неповоротных стыков трубопроводов. Количество дефектов в сварном шве по сравнению с ручной дуговой сваркой значительно снижается и не превышает 5 % от общего количества швов. Наблюдается повышение производительности за счёт механизации основных операций и уменьшения количества проходов при выполнении стыков трубы с различной толщиной стенки.

Данная работа показывает «высокий потенциал сварки порошковой проволокой и будет использована для обоснования выбора способа сварки при построении проектной технологии» [17].

Во второй работе [5] установлено, что характер переноса электродного металла при ручной дуговой сварке не зависит от диаметра применяемого электрода. Формируемые потоки с варочной ванне и столбе сварочной дуги

также не зависят от диаметра сварочного электрода. На тепловой баланс при сварке оказывает существенное влияние тип переноса электродного металла. Так, при крупнокапельном переносе возникают значительные силы поверхностного натяжения, на преодоление которых будет расходоваться энергия сварочной дуги. В тоже время при струйном переносе роль влияния сил поверхностного натяжения снижается, что повышает эффективный КПД сварки. Кроме того, струйный перенос электродного металла обеспечивает интенсивное перемешивание металла сварочной ванны и увеличение глубины провара. Значительная роль в тепловом балансе отводится соотношению интенсивности поверхностного теплового потока и глубинного теплового потока, которые формируются при встрече столба дуги с поверхностью ванны.

Данная работа расширяет возможности «ручной дуговой сварки покрытыми электродами и будет использована при обосновании выбора способа сварки при построении проектной технологии сварки стыков технологического трубопровода» [5].

В третьей работе [21] установлено, что при массовой доле минеральных составляющих в шихте сварочной проволоки до 2 % на стабильность горения дуги и переноса электродного металла существенное влияние оказывает состав применяемого при сварке защитного газа. Значительного улучшения параметров процесса удастся достигнуть при переходе от чистого углекислого газа к смеси аргона + углекислый газ в соотношении 8 к 2. При выборе состава порошковых проволок следует принимать во внимание, что наличие в шихте фторидов приводит к снижению стабильности горения дуги и переноса электродного металла, что приводит к переходу от струйного процесса к крупнокапельному. Стабилизации процесса сварки можно достигнуть при применении таких компонентов, как рутил и нелетучие фториды.

Данная работа «показывает возможность расширения технологических возможностей механизированной сварки порошковой проволокой в защитных газах и будет использована для обоснования выбора способа сварки при построении проектной технологии» [21].

В четвертой работе [11] «описаны результаты исследований в области повышения эффективности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения с импульсным управлением процессом переноса электродного металла» [11]. В результате повышается стабильность горения дуги и формирования сварного шва. Также следует ожидать улучшения условий формирования обратного валика при выполнении протяженных сварных швов с односторонним подходом.

Результаты данной работы показывают широкие возможности «сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения и будут использованы для обоснования выбора способа сварки технологического трубопровода» [11].

В пятой работе [13] «рассматривалась возможность повышения эффективности сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения за счёт организации импульсной подачи проволоки» [13], что позволяет улучшить условия формирования сварного соединения и повысить качество сварного шва.

Данная работа «показывает высокий потенциал механизированной и автоматической сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения при условии применения импульсного управления подачей проволоки. Работа будет применена для обоснования выбора способа сварки» [13].

Таким образом, при обосновании выбора способа сварки могут быть рассмотрены: «ручная дуговая сварка, сварка самозащитной порошковой проволокой, сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения и сварка в защитных газах порошковой проволокой» [6]. «Эти способы должны быть рассмотрены с выставлением экспертных оценок по технологически и экономическим критериям, на основании которых будет составлена проектная технология сварки рассматриваемого трубопровода с экологически и экономически обоснованием предлагаемых решений» [13].

1.5 Формулировка задач на выполнение выпускной квалификационной работы

При выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы проведены литературные исследования в направлении расширения технологических возможностей сварочных операций на технологических трубопроводах при их строительстве и ремонте. В ходе анализа «базовой технологии, реализация которой предусматривает применение ручной дуговой сварки, был сформулирован ряд критических недостатков, требующих устранения. Достижение поставленной цели возможно при условии решения ряда технологических задач, решение которых будет описываться в последующем исполнительском разделе» [6]. При решении первой задачи предстоит провести экспертную оценку рассматриваемых способов применительно к выполнению рассматриваемых работ с указанием присущих им преимуществ и недостатков, что делает возможным обоснование выбора способа сварки, который впоследствии будет применен при построении проектной технологии. При решении второй задачи следует провести литературные исследования в области повышения эффективности проектной технологии за счёт применения современных разработок в области управления сварочными процессами, причем упор следует сделать на разработки российских исследователей, что позволит впоследствии устранить зависимость российской промышленности от поставок иностранных наукоемких комплектующих. При решении третьей задачи предстоит дать перечень операций технологического процесса с указанием требований к их выполнению, выбором оборудования и назначением оптимальных параметров режима сварки. Кроме того, при выполнении оценочных разделов предстоит рассмотреть предлагаемые решения с точки зрения обеспечения промышленной и экологической безопасности [1], [4], а также провести экономическое обоснование целесообразности внедрения [12], [16].

2 Построение проектной технологии ремонтной сварки технологического трубопровода

2.1 Обоснование выбора способа сварки для построения проектной технологии

Выбор способа сварки для построения проектной технологии должен основываться на объективном анализе возможности рассматриваемого предприятия по обеспечению технологических требований процесса [8], [12]. При этом следует избегать рекомендаций к приобретению дорогостоящего оборудования и существенного изменения технологического процесса, связанного с переобучением персонала. По результатам ранее проведенного анализа материала установлено, что свариваемость стали 17Г1С удовлетворительная, что позволяет при построении проектного технологического процесса применить большинство известных и апробированных способов сварки. При организации процесса ремонтной сварки технологических трубопроводов нецелесообразно применять наукоемкие технологии. Также следует учесть, что газовая сварка для рассматриваемых толщин также будет неэффективна. «С учетом ранее проведенных изысканий следует рассмотреть такие способы сварки, как ручная дуговая сварка, механизированная сварка в защитных газах проволокой сплошного сечения, сварка под флюсом и сварка самозащитной порошковой проволокой» [6].

На рисунке 8 представлена схема ручной дуговой сварки, которая благодаря своей универсальности получила наибольшее применение при построении технологических процессов ремонтной сварки. «Оборудование для ручной дуговой сварки в достаточном количестве присутствует на предприятиях, а сам процесс не требует значительной подготовки для проведения ремонтной сварки, что позволяет приступать к выполнению работ практически незамедлительно. Однако из-за неустраняемых недостатков

ручной дуговой сварки её доля в промышленности неуклонно снижается, на что указывает ряд аналитиков» [13], [14]. При этом на первый план выходят автоматизированные и механизированные способы сварки.



Рисунок 8 – Схема ручной дуговой сварки

«В числе недостатков ручной дуговой сварки следует указать тяжелые условия труда сварщика, которому приходится работать во вредных сварочных аэрозолях и подвергаться излучению сварочной дуги. Также следует указать на низкую стабильность качества сварных соединений, которое в значительной мере зависит от квалификации сварщика» [8], что становится дополнительной проблемой в условиях кадрового голода. Также ручная дуговая сварка может быть признана экономически малоэффективной из-за потери металла на разбрызгивание и электродные огарки, а также по причине низкой производительности. Некоторое улучшение показателей ручной дуговой сварки достигается применением импульсных технологий, новых сварочных материалов и совершенствования техники сварки, но перечисленные проблемы при этом полностью не решаются, в результате чего необходимо вести поиск новых способов сварки для построения технологии ремонтной сварки технологических трубопроводов.

Самым производительным из рассматриваемых способов сварки следует признать сварку под флюсом, схема которой представлена на рисунке 9. Помимо высокой производительности для этого способа сварки следует

признать существенное улучшение условий труда, так как сварочная дуга горит под слоем флюса, что частично решает проблему вредного излучения и сварочного аэрозоля. Кроме того, сварка под флюсом позволяет получать соединения стабильно высокого качества. Однако, несмотря на перечисленные преимущества, рассматриваемый способ сварки имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение при ремонтной сварке технологических трубопроводов. Первым недостатком является повышение требований к сборке стыка, так как расплавленный металл и шлак при сварке под флюсом обладают повышенной текучестью, в результате чего возможно затекание металла в зазор между деталями. Кроме того, при сварке под флюсом повышается опасность образования напоров, пор и шлаковых включений. Также следует принимать во внимание сложность удержания флюса на поверхности труб, стык которых может иметь различное пространственное положение.

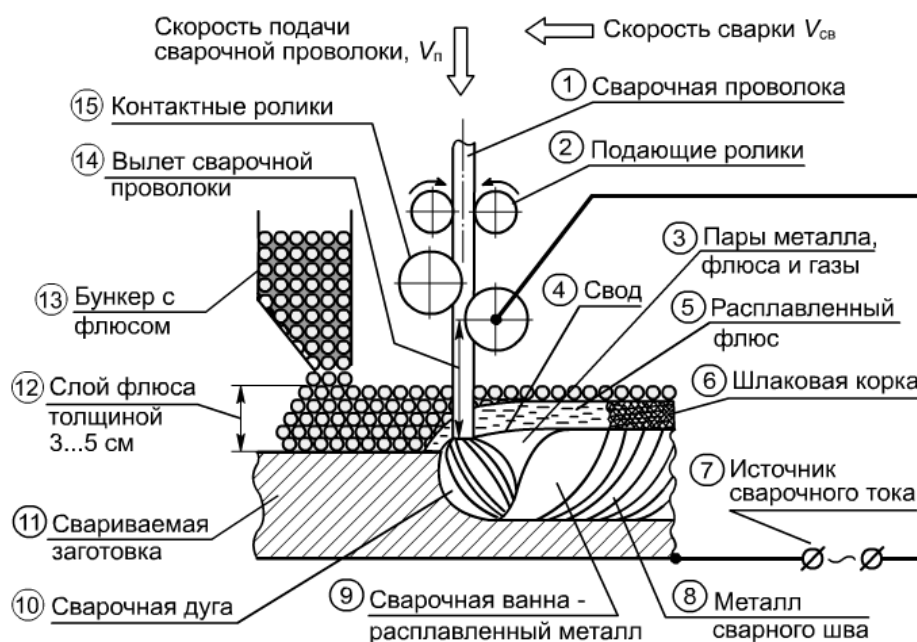


Рисунок 9 – Схема сварки под флюсом

«По сравнению с ручной дуговой сваркой повышения производительности и улучшения условий труда сварщика удастся достигнуть при применении механизированной сварки в защитных газах проволокой

сплошного сечения, схема которой представлена на рисунке 10. В ходе выполнения этого способа сварки расплавленный металл сварочной ванны характеризуется большей, по сравнению с ручной дуговой сваркой и сваркой» [19] под флюсом вязкостью. В результате этого упрощается стабилизация положения сварочной ванны при различной пространственной ориентации, становится возможной сварка в потолочном положении. Так как при механизированной сварке отсутствует необходимость замены электрода и очистки поверхности шва от шлака, производительность и качество сварки повышается. Также следует указать на улучшение условия труда сварщика при механизированной сварке в защитных газах, так как состав сварочного аэрозоля в этом случае менее вреден, чем при ручной дуговой сварке.

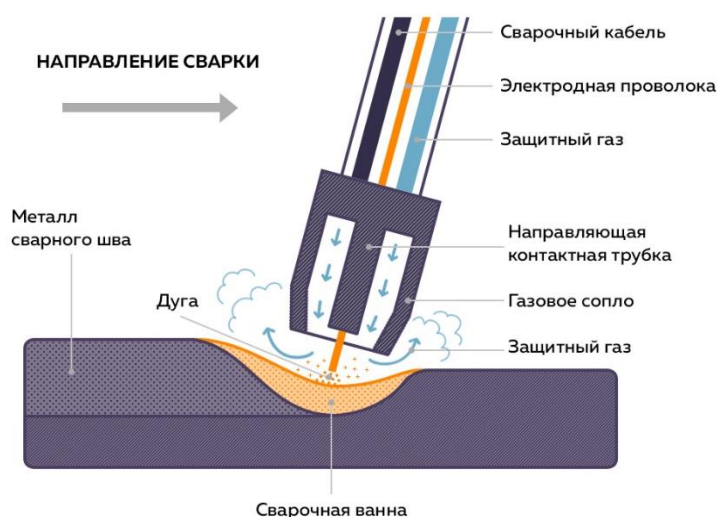


Рисунок 10 – Схема выполнения механизированной сварки в защитных газах

В числе недостатков такого способа сварки следует указать повышенное разбрызгивание электродного металла, что делает необходимым трудоемкую зачистку поверхности деталей, так как прилипшие брызги расплавленного металла ухудшают внешний вид и становятся очагами коррозии. Также при сварке в защитных газах из-за повышенной вязкости расплавленного металла увеличивается вероятность появления в сварном шве трещин, ухудшаются условия отхождения из сварочной ванны газов.

«Механизированная сварка самозащитной проволокой, схема которой представлена на рисунке 11, является компромиссным вариантом, сочетающим в себе положительные качества ручной дуговой сварки и механизированной сварки» [19]. При использовании порошковой проволоки упрощается легирование сварного шва, так как состав порошкового наполнителя проволоки может быть изменен в широком диапазоне без изменения технологии производства проволоки, что существенно снижает стоимость сварочных материалов при массовом их производстве. В числе недостатков сварки самозащитными проволоками следует указать повышенную мягкость проволоки, в результате чего существенно увеличивается частота заломов и застреваний в подающих механизмах. Также следует принять во внимание повышенную текучесть расплавленного шлака и металла сварочной ванны, из-за чего повышаются требования к сборке и подготовке кромок, ухудшаются условия формирования корневого слоя шва. При плавлении порошковой проволоки может наблюдаться неравномерность нагрева проволоки по сечению, в результате чего часть нерасплавившегося шлака просыпается в сварочную ванну и становится причиной образования пор и шлаковых включений.



Рисунок 11 – Схема выполнения сварки самозащитной проволокой

«На основании проведенных изысканий для построения проектной технологии предлагается применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения» [6].

2.2 Расширение технологических возможностей механизированной сварки в защитных газах

Мировой производитель сварочного оборудования интенсивно внедряет алгоритмы управления сварочными процессами, реализующие импульсный характер переноса электродного металла [8], [9], [10]. Такое управление сварочными процессами реализуется как при сварке в чистом углекислом газе, так и при сварке в газовых смесях. Как показали результаты исследований и производственный опыт, добавка в углекислый газ аргона позволяет частично подавить разбрызгивание металла при сварке, уменьшить пористость и улучшить внешний вид соединения, получая гладкую поверхность наплавленного металла. Уменьшение пористости в случае применения газовых смесей объясняется, скорее всего, уменьшением содержания водорода в наплавленном металле. Также применение газовых смесей позволяет уменьшить наплывы и сделать более гладкой зону перехода наплавленного металла на основной металл конструкции, что обеспечивается благодаря повышению текучести расплавленного металла. Добавка аргона в углекислый газ до 10 % не повышает значительно стоимость используемой защитной смеси, но позволяет получить описанные выше положительные эффекты.

«Реализация алгоритмов импульсного управления горением сварочной дуги переносом электродного металла позволяет получить ряд положительных эффектов, существенно расширяющих технологические возможности сварки в защитных газах, как механизированной, так и автоматической. Во-первых, наблюдается значительное уменьшение потерь электродного металла на разбрызгивание и угар, что существенно повышает экономические показатели способа сварки и улучшает внешний вид сварного соединения. Во-вторых, при горении сварочной дуги в импульсном режиме существенно повышается её пространственная стабильность, что повышает универсальность способа, позволяя получать сварные соединения одинаково высокого качества при сварке в различных пространственных» [13]

положениях и при выполнении сварных швов по сложной траектории. В-третьих, динамическое воздействие импульсной дуги на сварочную ванну позволяет обеспечить высокое качество при выполнении сварки в узкую разделку, что особенно актуально при сварке корневого слоя шва. В-четвертых, применение импульсной дуги позволяет улучшить условия формирования металла сварного шва, обеспечивая повышение эксплуатационных свойств за счёт измельчения структуры металла сварного шва и околошовной зоны. На рисунке 12 представлены результаты исследования структуры металла сварного шва и зоны термического влияния при сварке образцов из стали 17Г1С с применением традиционной стационарной дуги и дуги, горящей с реализацией алгоритма импульсного управления согласно работе [19]. На рисунке 13 представлено распределение твердости металла шва глубину от облицовочного слоя до заполняющего слоя, которое позволяет судить о более равномерном распределении твердости при реализации импульсного управления.

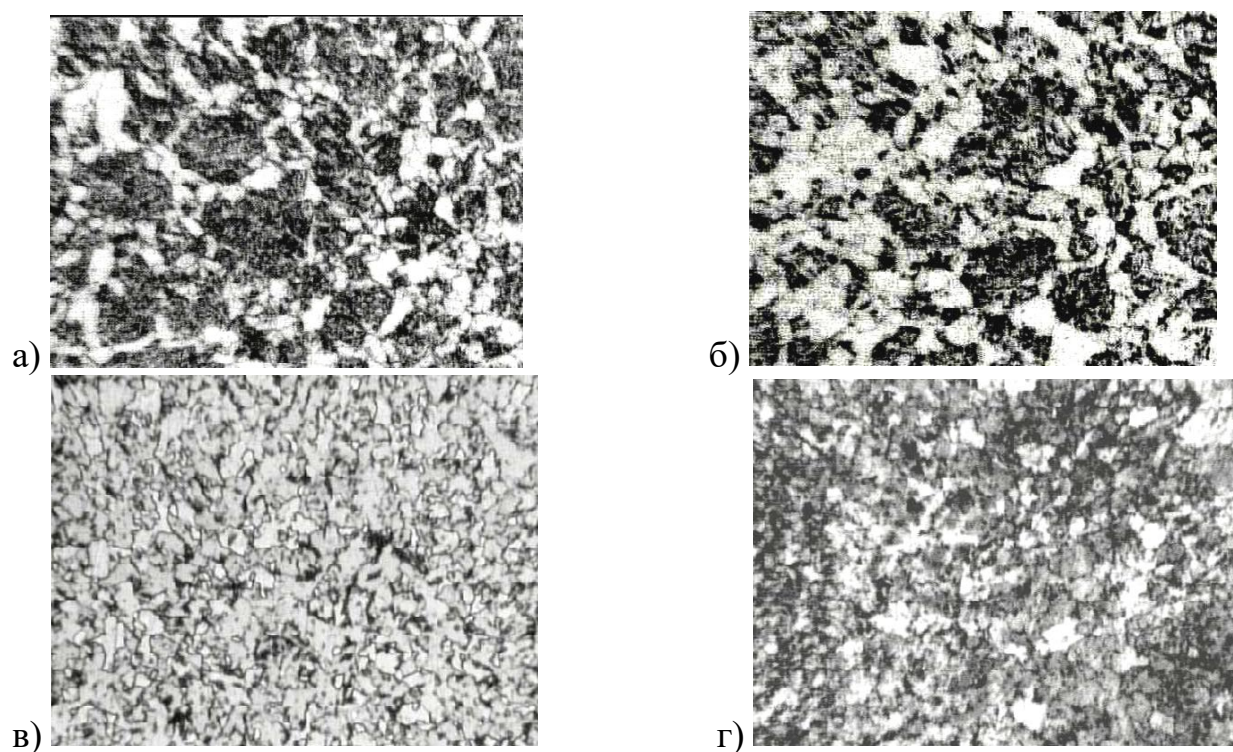


Рисунок 12 – Структура металла при сварке образцов из стали 17Г1С с применением традиционной стационарной дуги и дуги, горящей с реализацией алгоритма импульсного управления

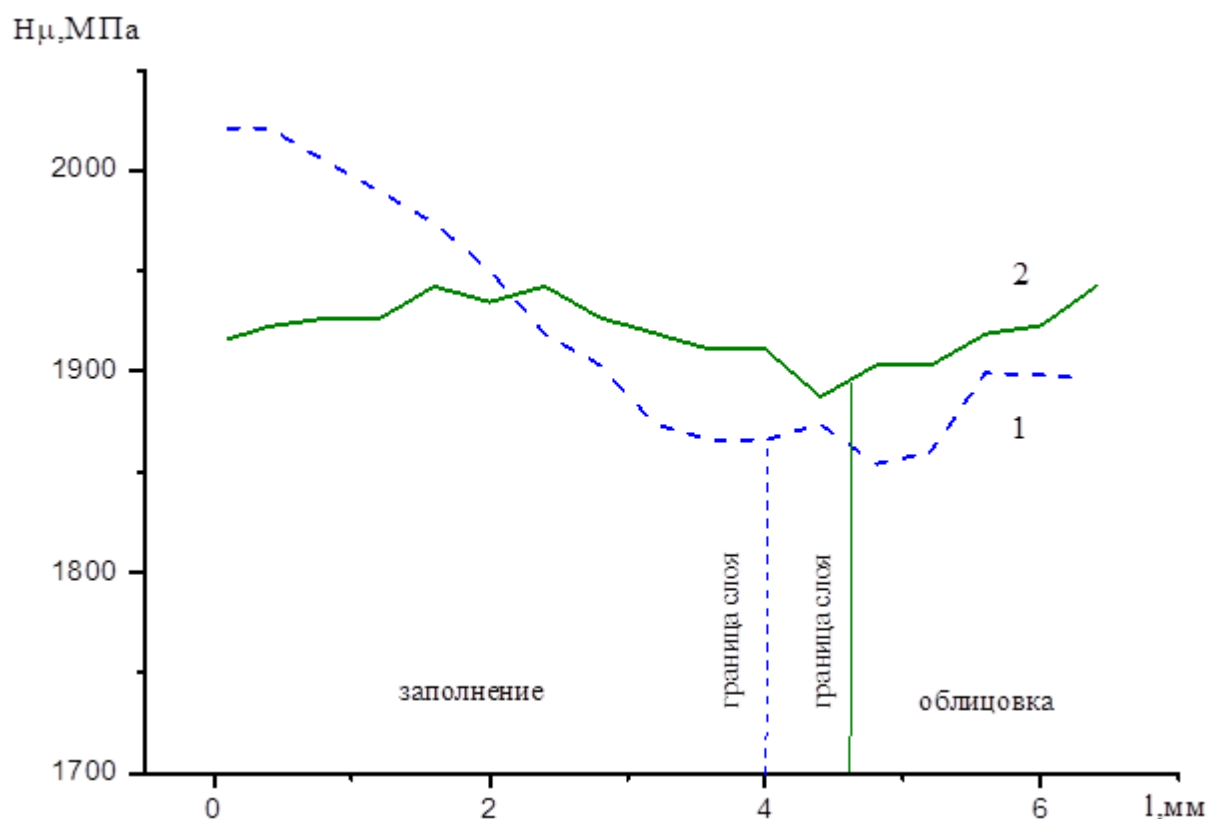


Рисунок 13 – Распределение твердости металла шва по глубине от облицовочного слоя до заполняющего слоя при сварке стационарной дугой (1) и с применением импульсных алгоритмов управления (2)

Реализация импульсных алгоритмов управления при сварке обеспечивается представленным на рисунке 14 источником Invertec STT-II, обеспечивающим сварку по технологии STT. Реализация этого алгоритма управления позволяет существенно уменьшить влияние изменения длины дуги на протекание процесса сварки.



Рисунок 14 – Сварочный источник питания Invertec STT-II

Реализация возможностей, заложенных в предлагаемый к использованию сварочный источник питания, позволяет за счёт изменения теплового баланса повысить эффективный КПД сварки и уменьшить тепловую нагрузку на основной металл. «Также за счёт импульсного воздействия на сварочную ванну улучшаются условия к выходу из неё растворенных в расплавленном металле газов, что снижает пористость в соединении. Качество полученного сварного шва соразмерно с качеством, получаемым при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом» [19], в то время, как производительность по сравнению с этим способом сварки выше на 200...400 %.

2.3 Операции проектного технологического процесса

Резку труб под сварку проводим с применением представленного на рисунке 15 механического трубореза серии SD, который позволяет выполнять безогневую резку труб в широком диапазоне диаметров как в заводских, так и в полевых условиях. Так как корпус трубореза разъемный, существует возможность его установки на смонтированный трубопровод. Имеющийся набор резцов позволяет выполнять отрезание трубы, подготовку кромок и снятие фасок. На труборезе может устанавливаться два резца, работающие в одном из двух режимов. В первом режиме устанавливается один отрезной и один подрезной резцы, тогда проходят одновременные процессы отрезания трубы и снятия фаски. Во втором режиме устанавливается два режущих резца, что позволяет ускорить процесс отрезания трубы. Поскольку при выполнении механической резки трубы не происходит перегрева металла то структура металла трубы не изменяется, что особенно важно при выполнении ответственных конструкций. Также следует принимать во внимание, что после отрезания и торцевания с применением рассматриваемого трубореза дополнительной обработки кромок не требуется. На рисунке 16 представлена операция резки и снятия фаски.



Рисунок 15 – Труборез SD-450



Рисунок 16 – операция резки и снятия фаски с применением трубореза

Для сварки предлагается применить представленную на рисунке 17 проволоку L-56 производства концерна Lincoln Electric. Данная проволока позволяет получать сварные швы высокого качества при выполнении работ с элементами конструкции, покрытыми окалиной и загрязнениями. За счёт повышенного содержания кремния и марганца проволока позволяет обеспечить полноту процесса раскисления металла сварного шва. Также рассматриваемая проволока благодаря медному покрытию и высокой

гладкости не застревает в подающих механизмах и позволяет обеспечить высокую стабильность скорости подачи. Состав проволоки представлен в таблице 3, а свойства металла сварного шва, полученные с применением проволоки SuperArc L-56, представлены в таблице 4.



Рисунок 17 – «Применяемая при реализации проектной технологии сварки сварочная проволока SuperArc L-56

Таблица 3 – Содержание химических элементов в сварочной 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 4 – Характеристика металла сварного шва при применении проволоки SuperArc L-56

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

Сварку ведут на рекомендованных производителем параметрах режима» [9] для оборудования, реализующего алгоритма импульсного управления сварочной дугой STT. Скорость подачи проволоки устанавливается в диапазоне от 90 до 170 дюймов в минуту при варочном токе от 150 до 170 ампер и пиковом токе от 400 до 420 ампер. При этом ток паузы составляет от 35 до 55 ампер. Расход защитного газа устанавливается в диапазоне от 10 до 12 литров в минуту. Сварку ведут при вылете проволоки от 10 до 16 мм.

На рисунке 18 представлена техника сварки неповоротного стыка труб при работе с оборудованием, реализующим алгоритмы импульсного управления дугой. Половина стыка трубы условно разделяется на три сектора. Первый сектор лежит в позиции от 12-и до 2-х часов, второй сектор лежит в позиции от 2-х до 4-х часов, третий сектор лежит в позиции от 4-х до 6-и часов. Положение секторов представлено на рисунке 18, техника выполнения сварки в каждом секторе имеет свои особенности. Сварку следует вести в направлении сверху вниз, её начинают вести из положения 12-00 часов. На одной из кромок зажигают дугу, после чего переводят дугу на вторую кромку, формируя общую сварочную ванну.

При сварке в первом секторе ведение дуги с колебаниями малой амплитуды, дуга расположена внутри сварочной ванны на расстоянии от её переднего фронта, которое составляет от $\frac{1}{4}$ до $\frac{1}{3}$ длины сварочной ванны. Выход сварочной дуги за этот диапазон недопустим, так как при этом начинает образовываться значительное количество дефектов сварочного шва. Сварку следует вести углом назад с наклоном электрода 45°

При выполнении сварки на втором секторе первоначально амплитуду поперечных колебаний электрода начинают уменьшать, а после поперечные колебания полностью прекращают. Сварочную дугу следует располагать в первой трети сварочной ванны, наклон электрода при этом уменьшают до $10...20^\circ$.

При выполнении сварки на третьем секторе угол наклона электрода увеличивают до $20...30^\circ$, а поперечные колебания возобновляют.

После сварки проводят внешний осмотр сварных соединений, по изменению вида сварного шва можно судить о правильности назначенных параметров режима сварки и необходимости их корректировки. До проведения визуального контроля сварного шва необходимо очистить зону сварки от брызг металла и окалины на ширину 20 мм в обе стороны с применением металлической щетки и шлифовальной машины.

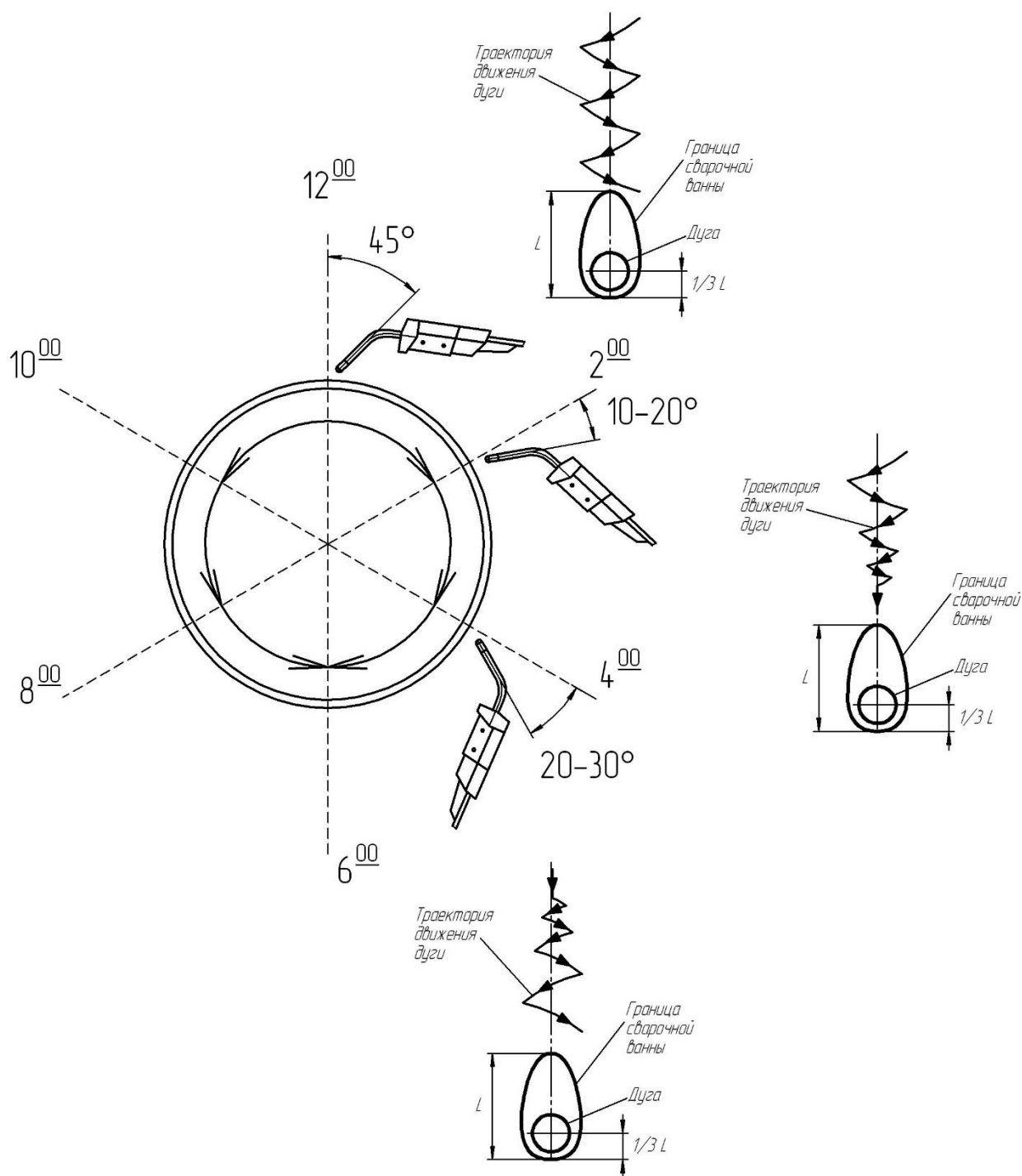


Рисунок 18 – Техника сварки при реализации алгоритма импульсного управления дугой

По результатам внешнего осмотра соединения должны быть соблюдены следующие требования. Сварной шов должен иметь стандартные размеры и форму, соответствующие требованиям нормативной документации. Поверхность металла сварного шва должны быть гладкой или иметь мелкую чешуйчатость. Не допускается ноздреватость, скопление пор и прожоги. Не

допускаются наплывы на основной металл, облицовочный слой должен плавно переходить на основной металл трубы, так как в противном случае образуются концентраторы напряжений, снижающих эксплуатационный ресурс сварного соединения.

Выводы по второму разделу

Настоящий раздел является исполнительским и содержит описание решения поставленных задач, в ходе выполнения которых проведено обоснование применения сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения для реализации проектной технологии. На основании достижений в области управления сварочными процессами предложены меры по повышению эффективности выбранного способа сварки. Далее составлена проектная технология, реализованная применительно к рассматриваемому трубопроводу. Далее следует выполнить два оценочных раздела. В первом оценочном разделе, «посвященном обеспечению промышленной и экологической безопасности, следует выполнить идентификацию негативных производственных факторов и предложить меры защиты от них. Также следует рассмотреть вопросы пожарной и экологической безопасности» [1], [4]. «Во втором оценочном разделе следует провести сравнение экономических показателей базового и проектного вариантов технологии, на основании которого можно сделать вывод о целесообразности внедрения предлагаемых решений в производство» [12], [16]. «Последующее заключение должно содержать выводы и доказательство достижения поставленной цели с рекомендациями по внедрению и направлению исследований в рассматриваемой области наук» [6].

3 Промышленная безопасность производственного участка

3.1 Описание технологического объекта и постановка оценочной задачи

Исполнительский раздел выпускной квалификационной работы содержит информацию по применяемым технологическим приемам и оборудованию, повышающим эффективность сварочных работ на примере ремонта технологического трубопровода насосной станции. Решение о возможности внедрения предлагаемых решений в современное производство должно приниматься на основании анализа возможности обеспечения безопасности труда и экологической безопасности рассматриваемого производственного участка.

Укрупненная характеристика проектного технологического процесса ремонтной сварки представлена в таблице 5, которая позволяет получить необходимую информацию о перечне выполняемых операций, персонале, применяемом оборудовании и материалах, что является достаточным для идентификации опасных и вредных производственных факторов, которыми характеризуется рассматриваемый производственный участок, на котором предлагается реализовать проектную технологию.

Такие операции, как подготовка поверхности труб и сварочных материалов, сборка стыка труб выполняется с привлечением слесаря-сборщика. Для их выполнения операции сварки электросварщик. Для выполнения контрольных операций привлекается дефектоскопист.

Применяемое при выполнении операций оборудование может стать причиной возникновения факторов, при этом, если фактор не ухудшает состояние персонала, то он признается нейтральным и в дальнейшем не учитывается. Поэтому следует идентифицировать только негативные факторы (опасные или вредные).

Таблица 5 – Укрупненная характеристика проектного технологического процесса сварки при ремонте трубопровода насосной станции

Операция	Персонал	Оборудование	Материалы
Подготовка	слесарь-сборщик	- труборез - машинка шлифовальная - щетка металлическая	круг абразивный
Сборка	слесарь-сборщик	- центратор наружный - шаблон сварщика - линейка металлическая - газовая аппаратура - газовая горелка	смесь пропан-бутановая
Сварка	электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	- источник питания - машинка шлифовальная - газовая аппаратура - шаблон сварщика - молоток и зубило	- проволока сварочная - защитный газ
Контроль качества	дефектоскопист по магнитному и ультразвуковому контролю	ультразвуковой дефектоскоп	Масло

На основании представленной в таблице информации становится возможным сформулировать производственные факторы, влияние которых может оказать негативное воздействие на персонал предприятия.

3.2 Идентификация негативных производственных факторов

Реализация проектного технологического процесса становится причиной возникновения негативно влияющих «на персонал факторов, источниками которых является применяемое на участке технологическое оборудование. Операции сварки и наплавки предусматривают наличие дуги, что приводит к повышенному уровню опасных и вредных факторов, возникающих на рассматриваемом производственном участке по сравнению с другими производственными» [4] участками. Также на участке имеется оборудование, работающего при опасных уровнях напряжения и тока. В таблице 6 представлен перечень возникающих опасных и вредных производственных факторов

Таблица 6 – Негативные производственные факторы при реализации операций проектного технологического процесса

Наименование операции	Опасный или вредный производственный фактор
Подготовка	- острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - движущиеся части машин и механизмов - отсутствие или недостатков естественного освещения - отсутствие или недостатков искусственного освещения - химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии
Сборка	- острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок - движущиеся части машин и механизмов - отсутствие или недостатков естественного освещения - отсутствие или недостатков искусственного освещения - химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии - повышенная температура поверхностей
Сварка	- чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания - повышенный уровень шума - опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током - инфракрасное излучение - ультрафиолетовое излучение - химические вещества в аэрозольном состоянии - повышенная температура поверхностей
Контроль качества	- повышенный уровень ультразвуковых колебаний - острые кромки и заусенцы и шероховатости н поверхности заготовок

Рассматриваемые неблагоприятные производственные факторы могут быть отнесены к «вредным производственным факторам и опасным производственным факторам. К первым следует отнести такие факторы, которые становятся причиной возникновения заболеваний или причиной развития уже имеющихся у человека заболеваний» [4]. При этом заболевания могут протекать как остро, так и хронически. Ко второй группе факторов следует отнести такие факторы, которые могут способствовать получению человеком травмы или возникновению на предприятии смертельного случая. Идентифицированные факторы относятся к факторам, ранее возникающим на предприятии, для их нейтрализации может быть применен стандартный набор средств.

3.3 Нейтрализация негативных производственных факторов

При идентификации негативных производственных факторов составлен перечень опасных и вредных факторов согласно ГОСТ 12.0.003-2015, характеризующих рассматриваемый производственный участок. Далее следует провести оценку эффективности применения стандартных средств и методик, которые представлены в таблице 7. В таблице рассматривается двенадцать негативных факторов, действие которых на персонал предприятия должно быть устранено. Для защиты персонала от действия этих факторов могут быть применены как стандартные, так и специальные средства, обеспечивающие безопасность производственного процесса. При выработке решений по защите персонала от негативного воздействия производственных факторов необходимо учитывать их кумулятивное действие, выраженное в накоплении негативного действия в течении времени и острого их проявления. Также следует принимать во внимание, что действующие совместно факторы могут усиливать друг друга, что повышает их опасность и вредоносность. В арсенале средств, призванных нейтрализовать действие негативных факторов, числятся средства технического характера, организационные мероприятия и средства личной защиты. Значительная роль отводится организационным мероприятиям, от своевременности и полноты проведения которых в значительной степени зависит безопасность труда. Как показывает практика, именно нарушение трудовой дисциплины становится причиной большинства несчастных случаев на производстве. Также следует принимать во внимание необходимость поддержания порядка на рабочем месте, что позволяет лучше организовать производственный процесс и обеспечить его безопасность по отношению к участникам. Также следует постоянно проверять комплектность и исправность средств индивидуальной защиты, состояние которых должно контролировать как руководство предприятия, так и сам персонал. Для обслуживания технических средств безопасности труда должны привлекаться квалифицированные работники.

Таблица 7 – Средства и методики для устранения профессиональных рисков

Негативный фактор	Технические средства	Индивидуальные средства
острые кромки и заусенцы и шероховатости и поверхности заготовок	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
движущиеся части машин и механизмов	устройства защитного отключения привода станков	Специальная одежда, перчатки
отсутствие или недостатков естественного освещения	- контроль уровня освещенности рабочего места - дополнительная подсветка	индивидуальная подсветка
отсутствие или недостатков искусственного освещения	- контроль уровня освещенности рабочего места - дополнительная подсветка	индивидуальная подсветка
химические вещества в твердом, жидком и газообразном состоянии	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	Специальная одежда, перчатки
«чрезмерное загрязнение воздушной среды в зоне дыхания	- устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	индивидуальные средства защиты дыхательных путей
опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	- организация и проведение периодического инструктажа работников на предмет соблюдения техники безопасности - контроль изоляции и заземления - защитное заземление, защитное отключение	защитная одежда, диэлектрические коврики
инфракрасное излучение	- ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений - защитные экраны	специальная одежда, перчатки, защитные маски
ультрафиолетовое излучение	- ограничение проникновения персонала в опасную зону применением ограждений - защитные экраны	специальная одежда, перчатки, защитные маски
повышенная температура поверхностей	- оснащение рабочих мест предупреждающими плакатами и табличками	специальная одежда, перчатки, защитные маски
химические вещества в аэрозольном состоянии	- устройства местного удаления загрязненного воздуха и общеобменной вентиляции	защитные маски
повышенный уровень ультразвуковых колебаний	- ограничение проникновения персонала в опасную зону	защита расстоянием и уменьшением времени воздействия» [4]

По результатам анализ представленной таблицы можно судить о высокой эффективности применяемых стандартных средств и методик. Разработки специальных средств не требуется.

3.4 Пожарная безопасность производственного участка

При выполнении сварочных работ существенное внимание следует уделять пожарной безопасности производственного участка, что объясняется повышенной пожарной опасностью, характеризующей сварочные и наплавочные работы. Это происходит по причине наличия самой дуги, горение которой характеризуется высокими температурами и интенсивностью теплового излучения; брызг расплавленного металла, которые могут попасть на горючие предметы; самих нагретых поверхностей. Для того, чтобы «обеспечить горение дуги, применяются источники тока, подвод электрической мощности к которым также может стать причиной возгорания. Также наличие на участке электрического оборудования усложняет протекание пожара и его тушение» [4]. В таблице 8 выполнена идентификация пожара, возникновение которого следует предотвратить.

Таблица 8 – Идентификация пожара на производственном участке

«Наименование участка	Участок сборки и сварки при выполнении ремонтных работ на технологических трубопроводах насосной станции
Наименование оборудования	Оборудование для механической обработки, сварочное оборудование, термическое оборудование, дефектоскоп
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	Пламя, повышенная температура воздуха, токсические продукты горения, уменьшение концентрации кислорода в воздухе, снижение видимости из-за задымления, искры
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Поражение персонала электрическим током, падение на персонал элементов конструкции здания и оборудования» [4]

При возникновении на рассматриваемом участке пожара, неминуемо возникают его опасные факторы. К таким факторам относят разлетающиеся при горении искры, застилающее обзор и мешающее ориентироваться в пространстве задымление, отравляющие людей токсические продукты горения, приводящее к удушью уменьшение содержания в воздухе кислорода, волны горячего воздуха и само пламя. Также при «пожаре

возможно падение на людей элементов оборудования и строительной конструкции при её разрушении. На основании результатов проведенного анализа возникающий на рассматриваемом производственном участке пожар может быть отнесен к категории Е» [4], так как ещё одним поражающим фактором является электрический ток, поражение которым может произойти при «тушении пожара. В таблице 9 представлены средства, обеспечивающие устранение опасных факторов такого пожара, которые следует быть готовым применить на рассматриваемом производственном участке» [4].

Таблица 9 – Средства устранения факторов пожара

«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» [4]	Кнопка оповещения, звуковые оповещатели, речевые оповещатели, световые оповещатели

При организации противопожарных мероприятий необходимо принимать во внимание приоритетность предупредительных мероприятий. Поэтому особое внимание следует уделить средствам и мероприятиям, обеспечивающим предотвращение появления возгорания на рассматриваемом производственном участке. Для этого запрещается складирование на нем мусора, могущего стать потенциальным топливом, к такому мусору относятся ветошь, картон, бумага, элементы упаковки, куски пенопласта. Также запрещается хранение на производственном участке значительных количеств возгорающихся жидкостей. Необходимо проведение инструктажа персонала по обеспечению пожарной безопасности.

3.5 Обеспечение экологической безопасности производственного участка

Реализация новых технологических процессов и модернизация уже существующих процессов должно предусматривать не только выполнение требований промышленной безопасности и пожарной безопасности, но и соблюдение условий нанесения минимального ущерба окружающей среде. В настоящей выпускной квалификационной работе рассматривается процесс ремонтной сварки технологического трубопровода насосной станции, который представляет опасность для элементов природы – гидросферы, литосферы и атмосферы. В таблице 10 представлены мероприятия и средства, обеспечивающие защиту природных компонентов от негативных экологических факторов рассматриваемого производства.

Таблица 10 – Мероприятия и средства по защите природных компонентов от негативных экологических факторов рассматриваемого производства

Участок	Участок проведения ремонтных работ технологического трубопровода насосной станции
Защита атмосферы	Вентиляционная система, обслуживающая производственный участок, должна быть оснащена системой фильтров, обеспечивающей сбор и утилизацию выделяющихся вредных компонентов. Запрещается сжигание промышленного мусора, полученного в ходе функционирования рассматриваемого производственного участка. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм.
Защита гидросферы	Запрещается сливать в канализационную систему цеха машинное масло и другие отходы производства. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм. Очистка и повторное использование технической воды, позволяющие уменьшить расход водных ресурсов. Запрещается использование для технических нужд питьевой воды.
Защита литосферы	Обеспечить отдельный сбор и утилизацию промышленного мусора, возникающего в «ходе функционирования рассматриваемого производственного участка. Запрещается закапывание и несанкционированное выбрасывание промышленного мусора. Инструктаж персонала по необходимости соблюдения экологических норм. Рециклинг промышленных отходов, позволяющий значительно уменьшить негативную нагрузку со стороны предприятия на литосферу» [1].

Выводы по экологическому разделу

«При выполнении экологического раздела рассматривались вопросы безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности производственного участка, которые возникают» [1] при реализации предлагаемого проектного процесса ремонтной сварки на технологических трубопроводах насосных станций. По результатам анализа операций проектного технологического процесса составлен перечень производственных факторов, как опасных, так и вредных, защита от действия которых реализуется путем применения стандартных средств и организационных мероприятий. Как установлено, необходимый уровень безопасности обеспечивается, и проведение специальной разработки не требуется. На основании рассмотрения вопросов пожарной безопасности рассматриваемого производственного участка составлен перечень средств и мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и предотвращению возникновения пожара на предприятии. Установлено, что основной упор следует сделать на «предотвращение возникновения ситуаций, в которых возможно возникновение пожара. Соблюдение требований современной мировой экологической повестки заставляет рассматривать производственный участок с точки зрения потенциальной опасности по отношению к природным ресурсам» [4]. В настоящей выпускной квалификационной работе предложены мероприятия по защите составляющих природы – атмосферы, литосферы и гидросферы от негативного воздействия со стороны производственного участка. Особое внимание следует уделить селективному сбору промышленных отходов и недопустимости несанкционированного их выбрасывания, что может привести к загрязнению гидросферы и литосферы. Таким образом, предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения не представляют существенной угрозы работникам предприятия и окружающей среде. Все возникающие при реализации проектной технологии негативные воздействия могут быть нейтрализованы с применением стандартных средств и мероприятий.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технических решений

4.1. Исходные данные для экономического расчёта

В исполнительском разделе рассматривался вопрос построения «технологии ремонтной сварки при исправлении дефектов технологического трубопровода насосных станций. Проведено обоснование применения сварки в защитных газах проволокой сплошного сечения для реализации проектной технологии. На основании достижений в области управления сварочными процессами предложены меры по повышению эффективности выбранного способа сварки» [16]. Далее составлена проектная технология, реализованная применительно к рассматриваемому трубопроводу.

Применение предлагаемых решений при реализации проектного технологического процесса по сравнению с базовой технологией позволяет получить комплексный положительный технологический эффект, выражающийся в одновременном повышении производительности выполняемых работ и их качества. За счёт повышения производительности ожидается снижение размеров фонда заработной платы, а повышение качества позволяет экономить на сварочных материалах, электрической энергии и фонде заработной платы, так как существенно снижается количество брака и работ по его исправлению.

Исходные данные, которые будут применены для расчёта экономических показателей, представлены в таблице 11. Эти данные послужат для задания временных и экономических показателей базового и проектного вариантов технологии сварки при ремонте технологических трубопроводов насосных станций. Дальнейшие экономические расчёты будут основаны на представленных в таблице исходных данных. С учётом особенностей рассматриваемого технологического процесса технология будет реализована при работе в одну смену.

Таблица 11 – Данные для расчета экономических показателей производства

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Принимаемое значение по варианту технологии	
			базовый	проектный
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	1	1
Разряд работников	P_p	-	V	V
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	м ²	20	20
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эсп}$	(Р/м ²)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$Ц_{пл}$	Р/м 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 экономические показатели рассчитываются на основании представленных в настоящей таблице исходных данных. Алгоритм оценки эффективности предусматривает отдельное определение временных показателей рассматриваемого производства, отдельный расчёт составляющих технологической себестоимости, цеховых и заводских расходов, капитальных вложений.

4.2 Фонд времени работы оборудования

Начальным этапом для расчета экономических показателей производства является определение его временных параметров, к которым, в первую очередь, следует отнести годовой фонд времени работы оборудования F_n и «эффективный фонд времени работы оборудования $F_э$, связанные друг с другом через коэффициент рабочего времени B . Годовой фонд времени работы оборудования F_n в дальнейшем определяет годовую программу и влияет на последующие расчеты» [16].

Рассматриваемое в настоящей выпускной квалификационной работе производство предусматривает работу в одну смену, таким образом, для «расчётов принимается количество смен $K_{см}=1$. Общее число рабочих дней в одном календарном году принимается равным $D_p=277$. Нормальная продолжительность рабочей смены для проведения последующих расчётов принимается равной $T_{см}=8$ часов. В предпраздничные дни уменьшение продолжительности рабочей смены составляет $T_{п}=1$ час. Количество предпраздничных дней в году для выполнения расчётов принимается равным $D_{п}=7$ дней. На основании вышеизложенного может быть рассчитано значение годового фонда времени:

$$F_n = (D_p \cdot T_{см} - D_{п} \cdot T_{п}) \cdot K_{см} = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 1 = 2209 \text{ часов.} \quad (1)$$

Эффективный фонд времени работы оборудования позволяет учесть потери рабочего времени» [9] через коэффициент B , значение которого для рассматриваемого случая построения технологического процесса принимается $B=0,07$. На основании вышеизложенного

$$F_э = F_n(1-B) = 2209 \cdot (1 - 0,07) = 2054 \text{ часов.} \quad (2)$$

Расчёт показателей экономической эффективности в дальнейшем выполняем с учетом рассчитанного выше значения эффективного фонда времени $F_э = 2054$ часа.

4.3 Расчёт штучного времени и годовой программы производства

Расчёт капитальных вложений и экономической эффективности внедрения в производство предлагаемых решений требует для своего проведения задания годовой программы производства Π_{Γ} . Для его определения предварительно следует задаться значением штучного времени $t_{шт}$ для базового и проектного вариантов технологии, которые могут упрощенно рассчитывать по составляющим: «машинное время $t_{маш}$, значение которого задается по результатам анализа особенностей базового и проектного вариантов технологического процесса; вспомогательное время $t_{всп}$, которое задается через машинное время и составляет 10 % от него; время на обслуживание рабочего места $t_{обсл}$, которое задается через машинное время и составляет 5 % от него; времени на личный отдых $t_{отд}$, которое задается через машинное время и составляет 5 % от него; подготовительно-заключительное время $t_{пз}$, которое задается через машинное время и составляет 1 % от него. Таким образом, расчёт штучного времени по упрощенной схеме» [9] выполняется как

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

Расчёт по формуле (3) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить значение штучного времени для выполнения работы: $t_{шт} = 2,1 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 2,5$ часа. Расчёт по формуле (3) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить значение штучного времени для выполнения работы: $t_{шт} = 0,7 \cdot (100\% + 10\% + 5\% + 5\% + 1\%) = 0,8$ часа.

Далее рассчитывается годовая программа как отношение эффективного фонда времени оборудования $F_{\text{э}}$ и штучного времени $t_{шт}$ как

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

Расчёт по формуле (4) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить значение годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 2054/2,5 = 1643$ стыков за год. Расчёт по формуле (4) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить значение годовой программы $\Pi_{\Gamma} = 2054/0,8 = 5135$ стыков за год. С учётом потребностей рассматриваемого производства для значения годовой программы принимается $\Pi_{\Gamma} = 1500$ стыков ремонтируемого трубопровода за один год. Далее следует выполнить расчёт количества оборудования $n_{\text{расч}}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса, для чего «следует применить ранее рассчитанное значение эффективного фонда времени F_3 , годовой программы Π_{Γ} и штучного времени $t_{\text{шт}}$ с учётом коэффициента выполнения нормы $K_{\text{вн}}$, значение которого в рассматриваемом варианте производства принимается $K_{\text{вн}} = 1,03$ » [9]:

$$n_{\text{расч}} = t_{\text{шт}} \cdot \Pi_{\Gamma} / (F_3 \cdot K_{\text{вн}}). \quad (5)$$

Расчёт по формуле (5) для базового варианта построения технологического процесса позволяет получить количество оборудования $n_{\text{расч.}} = 2,5 \cdot 1500 / (2054 \cdot 1,03) = 1,8$. Расчёт по формуле (5) для проектного варианта построения технологического процесса позволяет получить количество оборудования $n_{\text{расч.}} = 0,8 \cdot 1500 / (2054 \cdot 1,03) = 0,6$. Следует принять ближайшее большее натуральное значение, которое для проектного и базового вариантов составляет 1 и 2 соответственно. Коэффициент загрузки оборудования K_3 , который рассчитывается как отношение расчётного и принимаемого количества оборудования по вариантам технологии:

$$K_3 = n_{\text{расч}} / n. \quad (6)$$

Расчёт по формуле (6) для базового и проектного вариантов позволяет получить $K_3 = 1,8/2 = 0,9$ и $K_3 = 0,6/1 = 0,6$ соответственно, что объясняется повышением производительности труда при реализации проектного варианта технологического процесса.

4.4 Заводская себестоимость

Для определения размеров технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ проведения работ согласно рассматриваемым вариантам технологического процесса необходимо выполнить отдельный расчёт составляющих: «затрат на материалы M , фонда заработной платы ФЗП, отчислений на социальные нужды $O_{\text{сс}}$, затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$ и затрат на площади $Z_{\text{пл}}$. Расчёт расходов на сварочные материалы проводится с учётом их цены $C_{\text{м}}$, нормы расхода $H_{\text{р}}$ и коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{\text{тз}}$, значение которого для рассматриваемого производства согласно таблице исходных данных составляет $K_{\text{тз}} = 1,05$ » [9]:

$$M = C_{\text{м}} \cdot H_{\text{р}} \cdot K_{\text{тз}} . \quad (7)$$

Расчёт по формуле (7) для базового варианта технологии позволяет получить $M=300 \cdot 0,6 \cdot 1,05=189$ руб. Расчёт по формуле (7) для проектного варианта позволяет получить $M_{\text{баз.}}=400 \cdot 0,5 \cdot 1,05+ 60 \cdot 12 \cdot 0,2 \cdot 1,05= 361$ руб.

«Фонд заработной платы ФЗП предприятия характеризует расходы на основную заработную плату $Z_{\text{осн}}$ и дополнительную заработную плату $Z_{\text{доп}}$, которые рассчитываются с учетом часовой тарифной ставки $C_{\text{ч}}$, коэффициента доплат $K_{\text{д}}$ и коэффициента дополнительных затрат $K_{\text{доп}}$. Для рассматриваемого производства по таблице исходных данных принимается $C_{\text{ч}}=200$ руб., $K_{\text{д}}=1,88$ и $K_{\text{доп}}=0,12$. Расчёт величины $Z_{\text{осн}}$:

$$Z_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}. \quad (8)$$

Применение (8) для базового варианта позволяет получить величину $Z_{\text{осн}} = 2,5 \cdot 200 \cdot 1,88 = 940$ руб. Применение (8) для проектного варианта позволяет получить величину $Z_{\text{осн.}} = 0,8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 301$ руб.

Расчёт» [9] величины $Z_{\text{доп}}$ предусматривает применение следующей математической зависимости:

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

Применение (9) для базового варианта позволяет получить величину $Z_{\text{доп}} = 940 \cdot 0,12 = 113$ руб. Применение (9) для проектного варианта позволяет получить величину $Z_{\text{доп}} = 300 \cdot 0,12 = 36$ руб.

Расчёт величины ФЗП:

$$\text{ФЗП} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}. \quad (10)$$

Применение (10) для базового варианта позволяет получить величину $\text{ФЗП} = 21826 + 2619 = 24445$ руб.. Применение (10) для проектного варианта позволяет получить величину $\text{ФЗП} = 3185 + 382 = 3567$ руб.

Уменьшение значения ФЗП для проектного варианта по сравнению с базовым вариантом технологии происходит по причине повышения производительности труда, а не снижения часовой тарифной ставки, таким образом, работники предприятия с учётом снижения трудоемкости процесса не теряют в заработной плате.

«Размер отчислений на социальные нужды $O_{\text{сн}}$ определяется с учетом ранее определенных значений ФЗП для рассматриваемых вариантов и коэффициента отчислений на социальные нужды $K_{\text{сн}}$, значение которого для рассматриваемого производства» [9] из таблицы исходных значений принимается $K_{\text{сн}} = 0,34$. Расчёт величины $O_{\text{сн}}$:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot K_{\text{сн}}. \quad (11)$$

Применение (11) для базового варианта позволяет получить величину $O_{\text{сн}} = 1053 \cdot 0,34 = 358$ руб. Применение (11) для проектного варианта позволяет получить величину $O_{\text{сн}} = 337 \cdot 0,34 = 115$ руб. «Для того, чтобы рассчитать размер затрат на оборудование $Z_{\text{об}}$, необходимо предварительно определить составляющие: амортизационные отчисления $A_{\text{об}}$ и затраты на электрическую энергию $P_{\text{э}}$ » [16]. При расчете величины $A_{\text{об}}$ применяются ранее определенные значения $F_{\text{э}}$ и $t_{\text{маш}}$, а также принятые для рассматриваемого производства норма амортизации $N_{\text{а}}$ и стоимость оборудования $C_{\text{об}}$, значения которых берутся из таблицы исходных данных. Расчёт величины $A_{\text{об}}$:

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

Применение (12) для базового варианта «позволяет получить величину $A_{об} = 40000 \cdot 21,5 \cdot 2,5 / 2054 / 100 = 10$ руб. Применение (12) для проектного варианта даёт $A_{об} = 320000 \cdot 21,5 \cdot 0,8 / 2054 / 100 = 27$ руб.» [16] Увеличение амортизационных отчислений в проектном варианте технологии по сравнению с базовым вариантом технологии объясняется применением более сложного технологического оборудования больше стоимости.

Для расчёта величины $P_{эз}$ выполняется применяется «цена электрической энергии $\Pi_{эз}$, установленная мощность применяемого оборудования $M_{уст}$, машинное время $t_{маш}$ и коэффициент полезного действия. Эти значения были рассчитаны ранее или принимаются из таблицы исходных данных. Расчёт величины $P_{эз}$ » [16]:

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

Применение (13) для базового варианта позволяет получить величину $P_{эз} = 20 \cdot 2,5 \cdot 3,4 / 0,7 = 242$ руб. Применение (13) для проектного варианта позволяет получить величину $P_{эз} = 30 \cdot 0,8 \cdot 3,4 / 0,85 = 96$ руб.

Величина затрат на оборудование $З_{об}$ определяется как сумма $A_{об}$ и $P_{эз}$:

$$З_{об} = A_{об} + P_{эз}. \quad (14)$$

Применение (14) для базового варианта позволяет получить величину затрат на оборудование $З_{об} = 10 + 242 = 252$ руб. Применение (14) для проектного варианта позволяет получить величину $З_{об} = 27 + 96 = 123$ руб.

Полученные значения составляющих позволяют рассчитать полное значение «технологической себестоимости $C_{тех}$ выполняется как сумма затрат на материалы M , фонда заработной платы $\Phi ЗП$, отчислений на социальные нужды $O_{сс}$, затрат на оборудование $З_{об}$ » [16]:

$$C_{тех} = M + \Phi ЗП + O_{сс} + З_{об}. \quad (15)$$

«Применение (15) для базового варианта позволяет получить величину $C_{\text{тех}} = 189 + 1053 + 358 + 252 = 1852$ руб. Применение (15) для проектного варианта позволяет получить $C_{\text{тех}} = 361 + 337 + 115 + 123 = 936$ руб.» [16]

Снижение технологической себестоимости в проектном варианте технологии обеспечивается за счёт уменьшения размеров фонда заработной платы, затрат на материалы и затрат на оборудование, что объясняется применением более производительного оборудования с расширенными технологическими возможностями. Для расчётного определения «цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ необходимо применить ранее рассчитанное значение технологической себестоимости $C_{\text{тех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$, а также коэффициент цеховых расходов $K_{\text{цех}}$, значение которого для рассматриваемого производства принимается из таблицы исходных данных $K_{\text{цех}}=1,5$. Расчёт величины $C_{\text{цех}}$:

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

Применение (16) для базового варианта позволяет получить величину $C_{\text{цех}} = 1852 + 1,5 \cdot 940 = 1852 + 1410 = 3262$ руб. Применение (16) для проектного варианта позволяет получить $C_{\text{цех}} = 936 + 1,5 \cdot 300 = 936 + 450 = 1386$ руб.

Для расчётного определения заводской себестоимости $C_{\text{зав}}$ необходимо применить ранее рассчитанные значения цеховой себестоимости $C_{\text{цех}}$ и основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$, а также коэффициент заводских расходов $K_{\text{зав}}$, значение которого для рассматриваемого производства принимается из таблицы исходных значений $K_{\text{зав}}=1,15$. Расчёт величины $C_{\text{зав}}$:

$$C_{\text{зав}} = C_{\text{цех}} + Z_{\text{осн}} \cdot K_{\text{зав}}. \quad (17)$$

Применение (17) для базового варианта позволяет получить значение $C_{\text{зав}} = 3262 + 1,15 \cdot 940 = 3262 + 1081 = 4343$ руб. Применение (17) для проектного варианта дает $C_{\text{зав}} = 1386 + 1,15 \cdot 300 = 1386 + 345 = 1731$ руб.

Для анализа которых на рисунке 19 представлена диаграмма, демонстрирующая состав заводской себестоимости по базовому и проектному

вариантам технологического процесса» [9]. Калькуляция представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Калькуляция заводской себестоимости

Показатель	Обозначение	Базовый	Проектный
«Затраты на материалы	М	189	361
Фонд заработной платы	ФЗП	1053	337
Отчисления на соц. нужды	Осн	358	115
Затраты на оборудование	Зоб	252	123
Технологическая себестоимость	Стех	1852	936
Цеховые расходы	Рцех	1410	450
Цеховая себестоимость	Сцех	3262	1386
Заводские расходы	Рзав	1081	345
Заводская себестоимость» [16]	Сзав	4343	1731

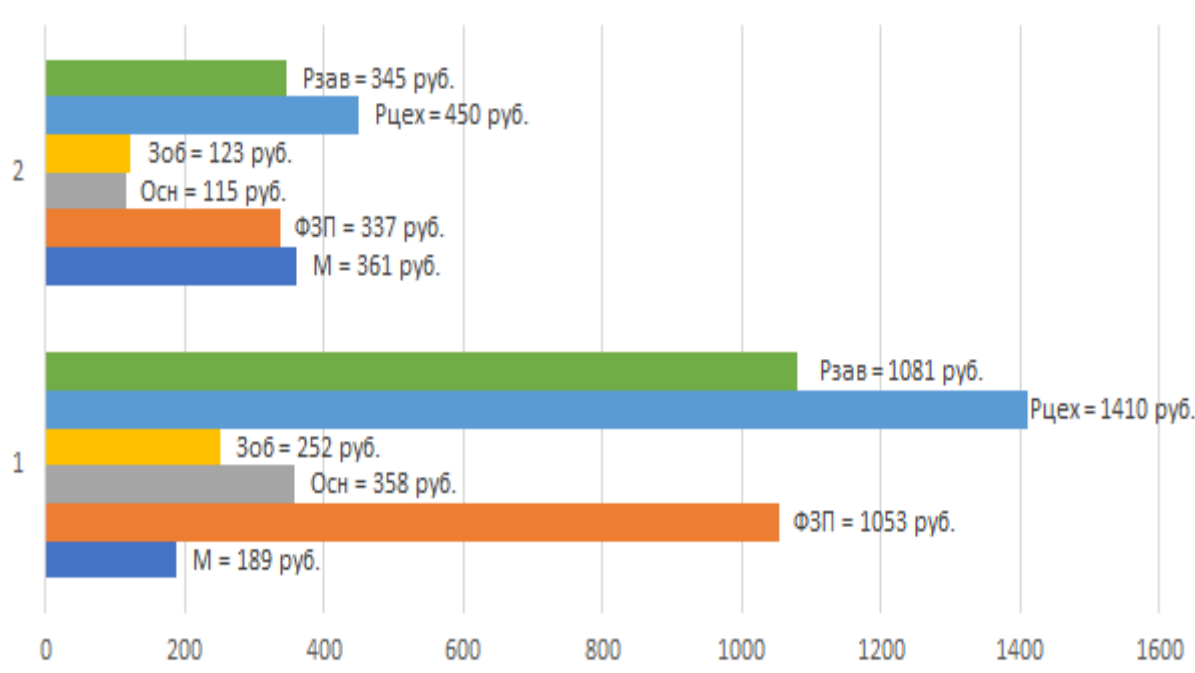


Рисунок 19 – Состав заводской себестоимости

Снижение заводской себестоимости в проектом варианте технологии обеспечивается за счёт уменьшения величины технологической себестоимости и величины цеховых и заводских расходов. «Высокая эффективность предлагаемых решений доказывается уменьшением величины заводской себестоимости в проектом варианте по сравнению с базовым вариантом. Но для расчётного определения показателей экономической эффективности требуется рассчитать капитальные затраты» [16].

4.5 Капитальные затраты по рассматриваемым вариантам

Первоначально следует определиться с величиной остаточной стоимости оборудования $\Pi_{об.б.}$, использование которого выполнялось при реализации базовой технологии. При продолжительности эксплуатации $T_c=2$ года и цене оборудования $\Pi_{перв}=40$ тыс. руб. с учетом нормы амортизационных отчислений $H_a=21,5\%$:

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

«Применение (18) для базового варианта позволяет получить величину $\Pi_{об.б.} = 40000 - (40000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 14200$ руб.» [16]

Величина общих капитальных затрат $K_{общ.б.}$ в базовом варианте технологии, рассчитывается по ранее полученному коэффициенту загрузки K_z и остаточной стоимости $\Pi_{об.б.}$:

$$K_{общ.б.} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{з.б.} = 2 \cdot 14200 \cdot 0,89 = 25276 \text{ рублей.} \quad (19)$$

«Капитальные затраты на оборудование при реализации проектного технологического процесса $K_{об.пр.}$ рассчитываются с учётом цены оборудования по проектному варианту $\Pi_{об.пр.}$, коэффициента транспортно-заготовительных расходов $K_{тз}$ и коэффициента загрузки оборудования K_z , расчётное значение которого составляет $K_z=0,56$. Из таблицы исходных данных принимается $\Pi_{об.пр.}=320$ тыс. рублей, $K_{тз}=1,05$. Капитальные затраты по на оборудование по проектному варианту составят

$$K_{об.пр.} = \Pi_{об.пр.} \cdot K_{тз} \cdot K_{зп} = 320000 \cdot 1,05 \cdot 0,56 = 181160 \text{ руб.} \quad (20)$$

Далее рассчитывают расходы на демонтаж оборудования с учётом коэффициента расходов на демонтаж $K_{дем}=0,05$ и цены оборудования $\Pi_{об.б.}=40$ тыс. рублей определяют как

$$P_{дем} = \Pi_{об.б.} \cdot K_{д} = 2 \cdot 40000 \cdot 0,05 = 4000 \text{ руб.} \quad (21)$$

Далее рассчитывают расходы на монтаж оборудования с учётом коэффициента расходов на монтаж $K_{\text{мон}}=0,05$ и цены оборудования $\Pi_{\text{об.пр.}}=2450$ тыс. рублей определяют как

$$P_{\text{монт}} = \Pi_{\text{об. пр.}} \cdot K_{\text{м}} = 320000 \cdot 0,05 = 16000 \text{ рублей.} \quad (22)$$

Далее рассчитываем величину сопутствующих расходов как сумму расходов на демонтаж $P_{\text{дем}}$ и расходов на монтаж $P_{\text{мон}}$:

$$K_{\text{соп}} = P_{\text{дем}} + P_{\text{монт}} = 4000 + 16000 = 20000 \text{ рублей.} \quad (23)$$

Величину капитальных затрат по проектной технологии $K_{\text{общ.пр.}}$ рассчитывается как сумма сопутствующих расходов $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об.пр.}}$:

$$K_{\text{общ. пр.}} = K_{\text{об. пр.}} + K_{\text{соп.}} = 188160 + 20000 = 208120 \text{ рублей.} \quad (24)$$

Размер дополнительных капитальных затрат $K_{\text{доп}}$ вычисляется с учётом ранее определенных капитальных затрат по базовой технологии $K_{\text{общ. б.}}$ и капитальных затрат по проектной технологии $K_{\text{общ. пр.}}$:

$$K_{\text{доп}} = K_{\text{общпр}} - K_{\text{общб}} = 208120 - 25276 = 182844 \text{ рублей.} \quad (25)$$

Размер удельных капитальных затрат $K_{\text{уд}}$ рассчитывается по капитальным вложениям $K_{\text{доп}}$ с учётом годовой программы $\Pi_{\text{Г}}$:

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_{\text{Г}}. \quad (26)$$

Для базового варианта технологического процесса величина удельных капитальных» [9] затрат составляет $K_{\text{уд}} = 25276/1500 = 17$ рублей за один стыктрубопровода. Для проектного варианта технологического процесса величина удельных капитальных затрат составляет $K_{\text{уд}} = 208120 /1500 = 138$ рублей за один стык трубопровода.

4.6 Расчёт изменяющихся технологических показателей

Доказательство целесообразности внедрения предлагаемых технологических решений в современное производство выполняется по результатам анализа показателей экономической эффективности. Снижение трудоемкости $\Delta t_{шт}$ оценивается по изменению значения штучного времени $t_{шт}$:

$$\Delta t_{шт} = (t_{шт\ б} - t_{шт\ пр}) \cdot 100 \% / t_{шт\ б} = (2,5 - 0,8) \cdot 100 \% / 2,5 = 68 \%. \quad (27)$$

Расчёт повышения производительности труда P_T :

$$P_T = 100 \cdot \Delta t_{шт} / (100 - \Delta t_{шт}) = 100 \cdot 68 / (100 - 68) = 212 \%. \quad (28)$$

Расчёт снижения технологической себестоимости:

$$\Delta C_{тех} = (C_{тех.б.} - C_{тех.пр.}) \cdot 100\% / C_{тех.б.} = (3262 - 1386) \cdot 100\% / 3262 = 57 \% \quad (29)$$

Условно-годовая экономия $\mathcal{E}_{уг}$ позволяет оценить величину экономического эффекта без учета капитальных вложений и рассчитывается с учётом разности заводской себестоимости $C_{зав}$ по вариантам технологии и годовой программы P_T :

$$\mathcal{E}_{уг} = (C_{зав.б.} - C_{зав.пр.}) \cdot P_T = (4343 - 1731) \cdot 1500 = 3918000 \text{ рублей}. \quad (30)$$

Эффективность внедрения предлагаемых технологических решений характеризуется сроком окупаемости $T_{ок}$:

$$T_{ок} = K_{доп} / \mathcal{E}_{уг} = 182844 / 3918000 = 0,1 \text{ года}. \quad (31)$$

Расчёт годового экономического эффекта $\mathcal{E}_T$ с учетом коэффициента окупаемости затрат $E_H=0,33$:

$$\mathcal{E}_T = \mathcal{E}_{уг} - E_H \cdot K_{доп} = 3918000 - 0,33 \cdot 182844 = 3858000 \text{ рублей}. \quad (32)$$

С использованием рассчитанных показателей эффективности можно судить о целесообразности внедрения предлагаемых решений.

Выводы по экономическому разделу

«В ходе выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы представлены исходные данные, характеризующие базовую и проектную технологию сварки при проведении ремонта технологических трубопроводов на насосных станциях» [16].

На основании анализа особенностей протекания базового и проектного вариантов технологического процесса рассчитаны временные показатели производства.

Далее с использованием исходных данных проведен расчёт составляющих технологической себестоимости проведения сварочных работ, в ходе которого установлено, что внедрение предлагаемых технологических решений позволяет уменьшить размер фонда заработной платы и отчислений на социальные нужды за счёт повышения производительности труда. Также это привело к значительному уменьшению цеховых и заводских расходов, что положительно сказалось на уменьшении заводской себестоимости проведения сварочных работ.

Таким образом, за счёт применения более прогрессивного оборудования и технологий при внедрении предлагаемых решений в производство удастся уменьшить трудоемкость выполнения работ на 68 %, повысить производительность процесса на 212 %. За счёт уменьшения размера основных составляющих технологической себестоимости её величина уменьшается на 57 %. При капитальных вложениях 183 тыс. рублей срок окупаемости составляет 0,1 года, а экономический эффект составляет 3,85 млн. рублей.

Размер ожидаемого экономического эффекта может быть многократно повышен при расширении области применения предлагаемых решений на другие производства и предприятия, выполняющие ремонт технологических трубопроводов.

На основании вышеизложенного следует признать эффективность внедрения предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технологических решений.

Заключение

Представленная выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности и расширению технологических возможностей сварочных операций при ремонте технологических трубопроводов насосных станций.

Во введении представлен краткий анализ состояния вопроса и обоснована актуальность выбранного направления исследования, выполнена формулировка цели выпускной квалификационной работы и способов её достижения.

При «составлении аналитического раздела рассмотрена конструкция технологического трубопровода насосной станции и условий его работы, представлены особенности сварки стали, из которой выполнен рассматриваемый трубопровод» [20]. В ходе анализа базовой технологии сварки с применением ручной дуговой сварки сформулированы недостатки, устранение которых позволит достигнуть поставленной цели выпускной квалификационной работы. «На основании проведенного литературного обзора выполнен анализ источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки металлических конструкций дуговыми способами, выполнена постановка задач на выпускную квалификационную работу.

При решении первой задачи обоснован выбор способа сварки для реализации проектной технологии. На основании экспертной оценки преимуществ и недостатков рассматриваемых способов предложено применить механизированную сварку в защитных газах проволокой сплошного сечения.

При решении второй задачи проведены исследования и предложен алгоритм импульсного управления сварочной дугой и переносом электродного металла» [16] по технологии STT, реализуемой в сварочном источнике питания Invertec STT-II. Реализация возможностей, заложенных в

предлагаемый к использованию сварочный источник питания, позволяет за счёт изменения теплового баланса повысить эффективный КПД сварки и уменьшить тепловую нагрузку на основной металл. «Также за счёт импульсного воздействия на сварочную ванну улучшаются условия к выходу из неё растворенных в расплавленном металле газов, что снижает пористость в соединении. Качество полученного сварного шва соизмеримо с качеством, получаемым при аргонодуговой сварке неплавящимся электродом» [19].

При решении третьей задачи составлен перечень операций, выполнение которых представляет реализацию проектного технологического процесса ремонтной сварки рассматриваемого технологического трубопровода. Для операций выбрано технологическое оборудование, назначены параметры и условия их выполнения.

«При выполнении третьего раздела настоящей выпускной квалификационной работы проведена идентификация негативных производственных факторов, образование которых и действие на персонал наблюдаются при реализации проектного технологического процесса» [4]. Кроме того, рассмотрены меры по обеспечению пожарной безопасности и экологической безопасности рассматриваемого сварочного участка.

При выполнении «четвертого раздела настоящей выпускной квалификационной работы был выполнен расчёт экономических показателей, характеризующих реализацию базового технологического процесса и реализацию проектного технологического процесса» [12]. На основании сравнения этих показателей можно судить о высокой эффективности предлагаемых решений.

Ожидаемое повышение производительности труда за счёт применения более прогрессивных технологий сварки составляет 212 % при снижении технологической себестоимости на 57%. Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых решений на рассматриваемом производстве составляет 3,85 млн. рублей, что позволяет судить о высокой эффективности предлагаемых решений и достижении поставленной цели работы.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372 с.
2. Бут В. С., Олейник О. И. Развитие технологий ремонта дуговой сваркой магистральных трубопроводов в условиях эксплуатации // Автоматическая сварка. 2014. № 5. С. 42–50.
3. 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.
4. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
5. Гулаков С. В., Носовский Б. И. К вопросу построения модели сварочной ванны при дуговой сварке плавящимся электродом // Автоматическая сварка. 2002. № 9. С. 24–28.
6. 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.
7. Занковец П. В., Шелег В. К. Математическое моделирование и автоматизация технологической подготовки производства сварных конструкций // Наука и техника. 2017. № 1. С. 5–15.
8. 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.
9. 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.

10. 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.
11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Крампит М. А. Сварка с импульсным питанием в углекислом газе при работе системы с обратными связями // Вестник науки Сибири. 2011. № 1. С. 715–721.
12. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
13. Лебедев В. А. Зависимость между скоростями импульсной подачи электродной проволоки и её плавления при сварке с короткими замыканиями // Автоматическая сварка. 2007. № 4. С. 19–22.
14. 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.
15. Маковецкая О.К. Состояние и тенденции развития мирового рынка основных конструкционных материалов и сварочной техники // Автоматическая сварка. 2015. № 10. С. 54–61.
16. 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.
17. Романюк В. С., Ковалев В. Д. Резник С. А. Высокопроизводительная сварка неповоротных стыков труб порошковой проволокой с принудительным формированием шва // Сварщик. 2001. № 2. С. 32–33.
18. 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.
19. 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.

20. Титова Ж. О., Аллаев К. Р., Хохлв В. А. Методы и устройства защиты от гидравлического удара основного энергетического оборудования и трубопроводов насосных станций // Евразийский союз ученых. 2016. № 5. С. 82-87.

21. Шлепаков В. Н., Наименко С. М., Билинец А. В. Влияние состава сердечника порошковой проволоки и защитного газа на стабильность процесса дуговой сварки // Автоматическая сварка. 2005. № 6. С. 18–22.