

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки / специальности)

«Современные технологические процессы изготовления деталей

в машиностроении»

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Внутритрубная машина для сборки и сварки стыков
магистральных трубопроводов большого диаметра

Обучающийся

Н.М. Валихматов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

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

к.ф.-м.н., доцент Д.А. Романов

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

Тольятти 2023

Аннотация

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

При обосновании актуальности выбранного направления работ обоснована необходимость поиска замены высокотехнологичному сварочному оборудованию западного производства.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить контактную стыковую сварку оплавлением. Для этого будет внедрена разработка отечественных исследователей-сварщиков.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Производительность труда повышается на 670 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 70 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 6,48 млн. рублей.

Результаты работы предлагаются к использованию при строительстве магистральных трубопроводов.

Содержание

Введение	5
1 Современное состояние сварки стыков магистральных трубопроводов.	7
1.1 Описание трубопровода и особенностей его эксплуатации.	7
1.2 Сведения о материале магистрального газопровода.	8
1.3 Описание технологического процесса сборки и сварки стыка магистрального газопровода	11
1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.	18
2 Проектная технология сварки стыков магистрального газопровода с применением внутритрубной сварочной машины.	20
2.1 Обоснование замены сварочного оборудования без изменения технологического процесса.	20
2.2 Обоснование выбора способа сварки	23
2.3 Описание способа сварки.	28
2.4 Описание сварочного источника питания.	30
2.5 Описание внутритрубной сварочной машины.	33
2.6 Проектный технологический процесс сварки стыка . магистрального трубопровода с применением внутритрубной сварочной машины.	35
3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений.	39
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта.	39
3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков.	40
3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков	42
3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического	

объекта.	44
3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности	46
4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений	48
4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям.	48
4.2 Оценка фонда времени работы оборудования и.	50
4.3 Оценка штучного времени при выполнении операций проектного и базового вариантов технологии.	51
4.4 Расчёт заводской себестоимости при осуществлении операций технологического процесса по рассматриваемым вариантам.	53
4. Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии.	57
4.6 Показатели экономической эффективности.	59
Заключение	62
Список используемой литературы и используемых источников.	64

Введение

Становление и развитие экономики Российской Федерации напрямую связано с активным участием производственного сектора в международном разделении труда. При этом в качестве приоритетного направления следует выделить модернизацию и расширение технологических возможностей отечественных предприятий, обслуживающих производство и поставку экспортной продукции. Повышение экспортного потенциала российской продукции позволяет не только на высоком уровне конкурировать с иностранными поставщиками аналогичной продукции, но и оказывать культурное, политические и силовое доминирование [20]. При этом важным этапом становится модернизация производственного сектора, которая позволила бы устранить зависимость российских предприятий от конкретного иностранного поставщика оборудования, комплектующих и материалов. При этом следует принимать во внимание что успешное и скорейшее устранение такой зависимости в настоящий момент связано не только и не столько с организацией производства аналогичной продукции на территории Российской Федерации. Успешный результат поиска альтернативного поставщика высокотехнологичной продукции, поставляемой в Россию из стран Запада, позволяет в короткие сроки снизить импортозависимость нашего производства без существенных издержек. В этой связи следует обратить внимание на страны Юго-Восточного региона и Азии, промышленность которых позволяет наладить выпуск высокотехнологичной продукции, по качеству не уступающей западной, при этом стоимость может быть в несколько раз ниже [18].

Тема модернизации российской экономики в первый раз была чётко озвучена в 2008 году, когда мировой экономический кризис поставил под угрозу российскую финансовую и производственную системы, причиной чего являлась сильная зависимость наших предприятий от поставок иностранного оборудования и технологий. Именно тогда стала понятной

уязвимость Российской Федерации, на которую будет переноситься значительная часть издержек западной экономики. Поскольку нефтегазовый сектор является основным источником дохода Российской Федерации, именно на внедрении инноваций в этой отрасли промышленности следует сосредоточить основные усилия по импортозамещению [14].

Следует принимать во внимание, что нефтегазовый сектор представлен крупными компаниями, которые имеют возможность аккумулировать значительные средства на проведение наукоёмких изысканий и построение производств полного цикла. Поэтому именно нефтегазовый сектор должен стать основным инструментом программы импортозамещения [7], [11].

Направление на импортозамещение верно указано нашим Президентом на XVIII Международном экономическом форуме в Санкт-Петербурге. Чётко было сказано, что времени на раскачку больше нет, российской экономике следует приготовиться к толчкам, которые должны завершиться прорывом. Эта мысль была поддержана премьер-министром, который указал на необходимость вставания российской экономики с «иностранный иголки».

При строительстве магистральных трубопроводов значительное влияние на стоимость строительных работ и дальнейшего обслуживания оказывают особенности применяемых сварочных технологий. При этом существенная роль отводится процессам сборки и сварки стыков трубопроводов большого диаметра (порядка 1 метра), которые выполняются с применением автоматизированного сварочного оборудования. Повышение производительности и качества выполнения таких работ требуют применения внутритрубных сборочно-сварочных машин, которые до недавнего времени поставлялись западными фирмами – производителями сварочного оборудования.

Цель настоящей выпускной квалификационной работы – повышение эффективности сборки и сварки магистральных трубопроводов с использованием внутритрубных машин для сборки и сварки.

1 Современное состояние сварки стыков магистральных трубопроводов

1.1 Описание трубопровода и особенностей его эксплуатации

Единственным каналом поставки природного газа потребителям в центральных районах Якутии является магистральный газопровод «Средневилюское ГКМ-Якутск». Развитие промышленности и потребления газа диктует необходимость строительства дополнительных веток трубопровода. Торжественная сварка первого стыка трубопровода представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Сварка первого стыка магистрального трубопровода «Средневилюское ГКМ-Якутск»

Диаметр трубопровода составляет 1420 мм, толщина стенки трубы на рассматриваемом участке составляет 27,7 мм. Марка стали которая применяется для строительства магистрального газопровода, К65, по международной классификации марка стали X80. Прокладка газопровода предусматривается наземная с применением песчаной амортизационной подушки и обвалования песком.

Исполнение арматуры магистрального газопровода – северное, с возможностью эксплуатации при отрицательных температурах до -60°C .

1.2 Сведения о материале магистрального газопровода

Трубы для строительства веток магистрального трубопровода поставляются отечественными трубными заводами, цеха которых представлены на рисунках 2, 3 и 4.

Выксунский трубный завод, представленный на рисунке 2, расположен в Нижегородской области и основан в 1757 году. Этот завод является крупнейшим поставщиком электросварных прямошовных труб, которые нашли применение при строительстве магистральных газопроводов и нефтепроводов. Завод по праву считается самым технически оснащённым металлургическим предприятием Российской Федерации. Качество выпускаемой продукции подтверждается российскими и зарубежными сертификатами.



Рисунок 2 - Выксунский металлургический завод

Волжский трубный завод, представленный на рисунке 3, был основан в 1970 году и выпускает трубы для магистральных трубопроводов. Завод имеет свой сталеплавильный комплекс, который полностью обеспечивает потребности предприятия. Продукция завода отвечает современным требованиям российского и зарубежных стандартов. Предприятие расположено в городе Волжский Волгоградской области. Волжский трубный завод является поставщиком для отечественных и зарубежных потребителей. Системы менеджмента качества сертифицированы на соответствие международным стандартам.

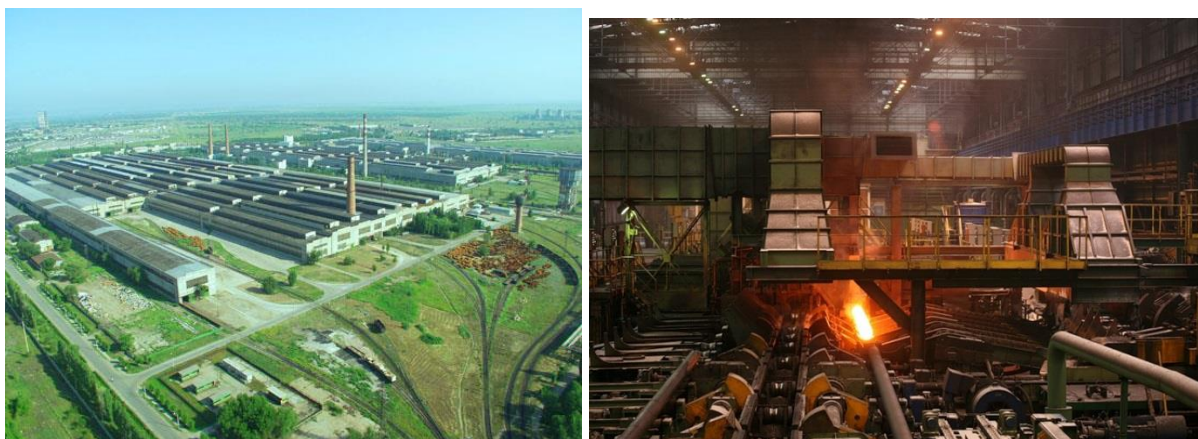


Рисунок 3 - Волжский трубный завод

Ижорский трубный завод, который представлен на рисунке 4, располагается в окрестностях Санкт-Петербурга. Завод построен в 2006 году, на церемонии его открытия лично присутствовал Президент Российской Федерации. Предприятие осуществляет поставку труб для нужд «Газпром» и «Транснефть». В 2010 году за разработку труб нового поколения коллективу завода была присуждена премия Правительства Российской Федерации.

Применяемая для строительства рассматриваемого магистрального газопровода сталь класса прочности К65 имеет ферритно-бейнитную или бейнитную структуру. В таблице 1 представлен типовой химический состав трубной стали марки прочности К65 [7].

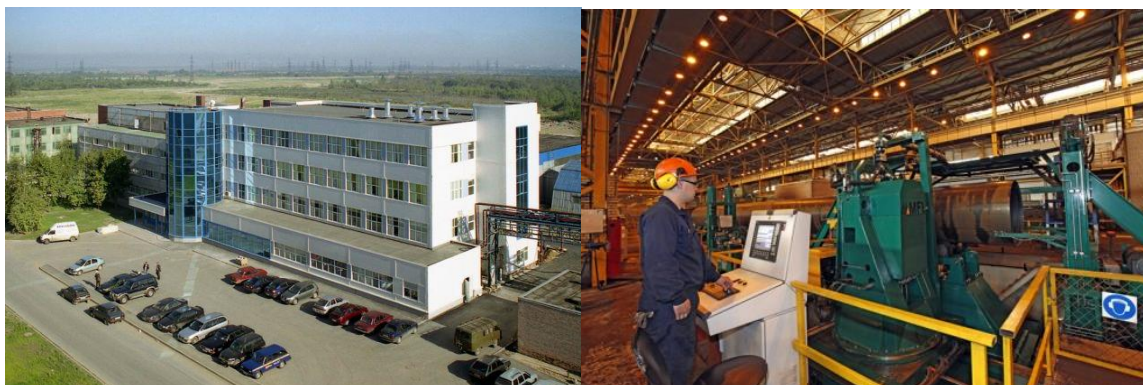


Рисунок 4 - Ижорский трубный завод

Таблица 1 – Содержание химических элементов в трубной стали класса прочности К65 [22]

C	Si	Mn	Mo	Ni	V+Nb+Ti	Mo+Cr+Cu	S	P
< 0,06	< 0,2	< 1,8	< 0,20	< 0,30	< 0,08	< 1,8	< 0,005	< 0,010

При сварке конструкций из стали марки прочности К65 обнаруживается ярко выраженная структурная и механическая неоднородность в соединении, как показано на рисунке 5. Появление структурной неоднородности объясняется изменениями, которые происходят в металле при нагреве выше температуры активного роста зерна аустенита [6], [21].

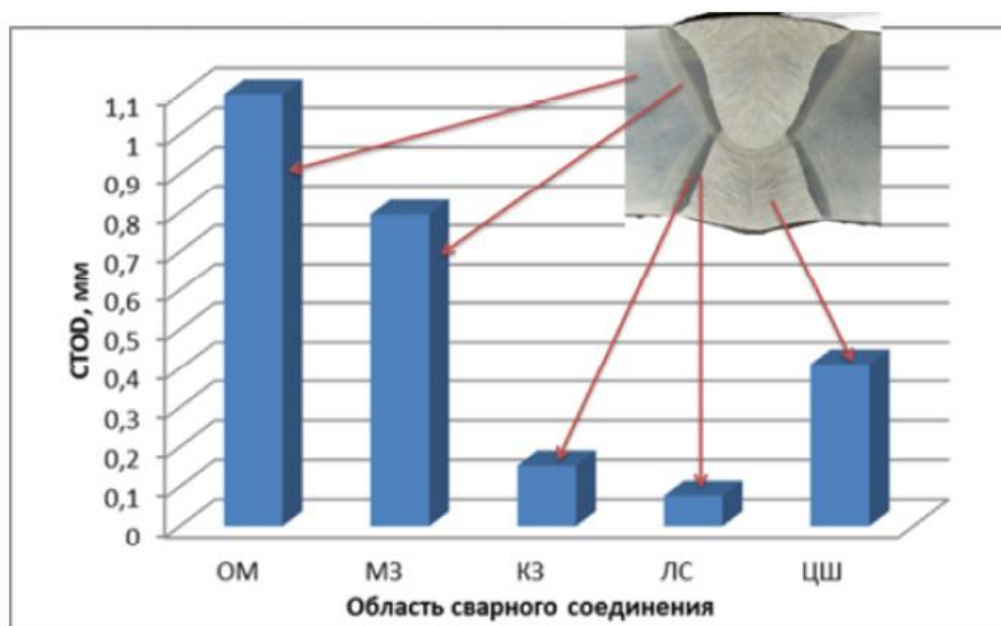


Рисунок 5 – Механическая неоднородность сварных соединений

По результатам испытания на статическую трещиностойкость [22] обнаружено снижение показателя CTOD по линии сплавления (ЛС). К сварным соединениям магистральных трубопроводов предъявляется требование по величине показателя статической трещиностойкости $CTOD \geq 0,2$ мм.

Повышение показателя CTOD до требуемого значения может быть достигнуто при дополнительном введении в сварочную ванну оксида титана и бора [22]. Таким образом, при выборе сварочной проволоки необходимо принимать во внимание требования к повышенному содержанию в ней бора и оксида титана. Также следует назначать параметры режима, позволяющие уменьшить термическое влияние цикла нагрева на основной металл трубы.

1.3 Описание технологического процесса сборки и сварки стыка магистрального газопровода

Первая операция предусматривает подготовку кромок труб перед сборкой и сваркой. Предварительно проводят внешний осмотр торцев труб. При помощи шлифования на ширину не менее 40 мм от торца удаляют наружные дефекты, к которым относят задиры, риски или царапины, если их глубина не превышает 0,4 мм. При этом остающаяся толщина стенки трубы не должна выходить за пределы минусового допуска.

Расслоения, забоины и дефекты глубиной более 0,4 мм исправлению не подлежат. В этом случае дефектный участок трубы должен быть отрезан на длину не менее 300 мм и снова проконтролирован. При этом выполняют ультразвуковой контроль по всему периметру трубы.

Не допускается исправление дефектов при помощи сварки или правки.

При помощи станка механической обработки PFM CRC-Evans выполняют подготовку кромок труб. Станок PFM представлен на рисунке 6. Диаметр трубы, для которой применяется данный станок, составляет 1270...1625 мм. Толщина стенки трубы может достигать 38 мм. Скорость реза составляет 100 м/мин., давление главного насоса составляет 136 атм. Продолжительность операции формирования кромки на трубе составляет порядка 15 минут вместе со вспомогательными операциями.

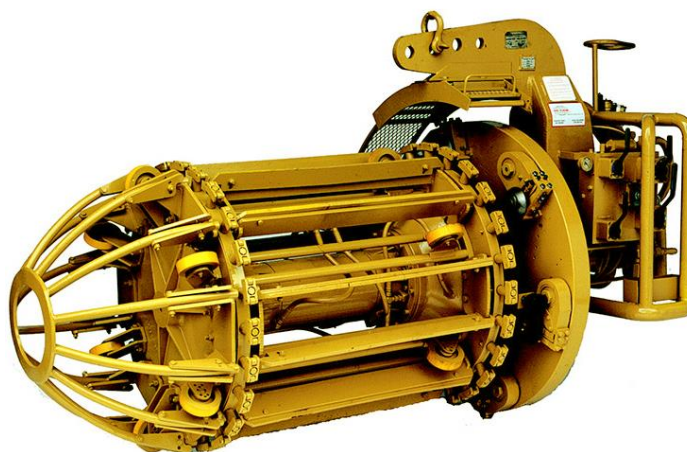


Рисунок 6 – Станок для подготовки кромок труб PFM CRC-Evans

На ширину 15 мм от торца при помощи шлифовальной машины снимают усиление заводского шва трубы.

При помощи шлифовальной машины зачищают прилегающую наружную и внутреннюю часть трубы на ширину 15 мм. Для этого применяется дисковая проволочная щётка.

На рисунке 7 представлена форма разделки кромок труб.

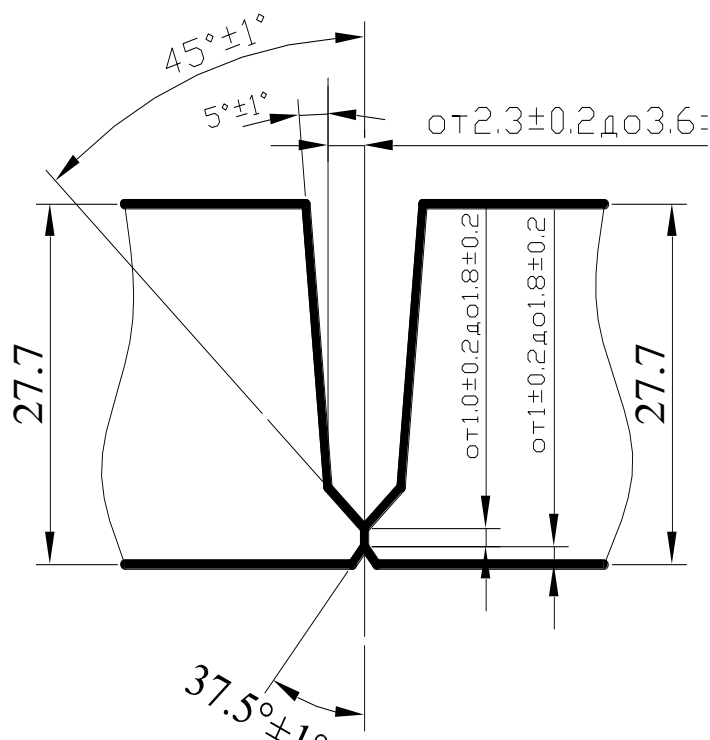


Рисунок 7 – Форма разделки кромок труб

Вторая операция предусматривает сборку стыка труб. Для этого применяется сварочная внутритрубная машина Internal Welding Machine (IWM) CRC-Evans, представленный на рисунке 8.



Рисунок 8 – Сварочная внутритрубная машина

Сборку труб проводят без прихваток. Точность сборки обеспечивается конструкцией сварочной машины. При сборке следует обеспечить расстояние между заводскими швами труб не менее 100 мм, при этом рекомендуется располагать заводские швы в верхней части стыка.

Соединение труб собирается без зазора. При этом допускаемая величина зазора составляет не более 0,5 мм на длине участка не более 100 мм. Далее проводят контроль смещения кромок, которое должно быть равномерным по периметру стыка и не превышать 2 мм. Допускается локальное превышение кромок до 3 мм на суммарной протяженности таких участков до 743 мм.

При сборке и подгонке применять ударный инструмент не допускается.

После сборки и проверки стука выполняют его предварительный подогрев при помощи установки индукционного нагрева. Для нагрева применяется установка ProHeat-35, представленная на рисунке 9. Температура предварительного подогрева составляет 100 °С и контролируется при помощи контактных термодпар, установка которых выполняется на расстоянии 25 мм от края трубы в каждой четверти стыка. При подогреве следует обеспечить равномерную температуру по периметру стыка и на ширину не менее 75 мм в обе стороны от стыка.



Рисунок 9 – Установка индукционного нагрева ProHeat-35

В порядке исключения для предварительного подогрева могут быть применены кольцевые газонагревательные элементы, которые используют в случае подогрева при отключенном электрическом питании и невозможности применения индукционного нагревателя.

Третьей операцией является сварка корневого слоя шва, которая проводится изнутри трубы при помощи многоголовочного автомата, входящего в состав сварочной внутритрубной машины.

Эти автоматы перемещаются внутри трубы вдоль стыка между рядами жимков внутреннего центратора. При этом применяется шесть сварочных головок. Сначала три головки сваривают правый полупериметр, потом три другие головки сваривают левый полупериметр стыка труб.

Далее выполняют сварку «горячего» прохода, который сваривают с внешней стороны трубы при помощи автоматической головки Р-600, представленной на рисунке 10. В качестве источника питания применяется сварочный инвертор Fronius TPS-3200, представленный на рисунке 11.

Интервал времени между сваркой корневого слоя шва и началом сварки «горячего» прохода должен составлять не более 10 минут. В случае превышения указанного значения интервала необходимо проведение предварительного подогрева до 100 °С.

После сварки «горячего» прохода жимки внутреннего центратора освобождают, при помощи механизма «самохода» центратор перемещается внутрь трубы. До завершения сварки «горячего» прохода центратор освобождать запрещается.



Рисунок 10 – Автоматическая сварочная головка Р-600



Рисунок 11 – Сварочный инвертор Fronius TPS-3200

После выполнения и визуальной проверки «горячего» прохода выполняют сварку заполняющих и облицовочного слоёв сварного шва. Сварку ведут с применением двухдуговой сварочной головки Р-600, представленной на рисунке 10.

При заполнении разделки место начала сварки каждого слоя следует смещать относительно мест начала и окончания предыдущего слоя на 30 мм. Место окончания сварки следует смещать на 70 мм от места начала и окончания сварки предыдущего слоя. От заводского шва трубы места начала и окончания сварки должны быть смещены на расстояние не менее 100 мм. Следует проводить послойную очистку при выполнении сварного шва, механическим путём удаляя шлак и брызги металла.

При выполнении облицовочного слоя шва сварку ведут с поперечными колебаниями, позволяющими обеспечить перекрытие свариваемых кромок труб на ширину 1...2 мм. Облицовочный слой выполняют в два прохода.

По окончании сварки следует при помощи шлифовальной машинки зачистить участки облицовочного слоя, на которых наблюдается грубая чешуйчатость с величиной гребня более 1 мм. Также следует зачистить участки с усилением шва более 3 мм и участки резкого перехода на основной металл усиления шва. Форма сварного шва представлена на рисунке 12. Минимальное количество слоёв равно 11.

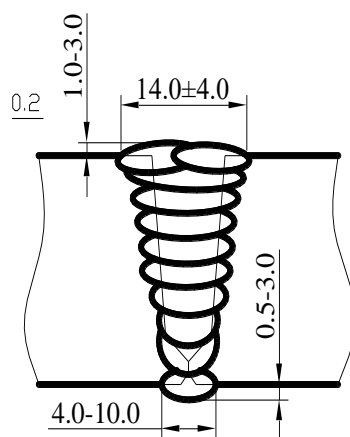


Рисунок 12 – Требования к геометрии сварного шва

Для выполнения корневого слоя шва и «горячего» прохода применяется проволока сплошного сечения TS-6 диаметром 0,9 мм. Для выполнения заполняющих слоёв и облицовочного слоя применяется проволока Union K-Nova Ni диаметром 1,0 мм. В качестве защитного газа применяется смесь «аргон + углекислый газ» в соотношении 80 % + 20 %.

Параметры режима сварки корневого слоя шва: сила сварочного тока 170...210 А, скорость подачи проволоки 965...1100 см/мин, напряжение на дуге составляет 19...22 В, вылет электродной проволоки устанавливают 9 мм, скорость сварки поддерживают 73...80 см/мин, расход газа составляет 30 л/мин. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

Параметры режима сварки «горячего» прохода: сила сварочного тока 220...270 А, скорость подачи проволоки 980...1400 см/мин, напряжение на дуге составляет 23...26 В, вылет электродной проволоки устанавливают 9,5 мм, скорость сварки поддерживают 125...140 см/мин, расход газа составляет 30 л/мин. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

Параметры режима сварки заполняющих слоёв (верхняя часть периметра стыка): сила сварочного тока 190...220 А, скорость подачи проволоки 1000...1150 см/мин, напряжение на дуге составляет 21...24 В, вылет электродной проволоки устанавливают 13 мм, скорость сварки поддерживают 43...51 см/мин, расход газа составляет 20 л/мин. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

Параметры режима сварки заполняющих слоёв (нижняя часть периметра стыка): сила сварочного тока 140...180 А, скорость подачи проволоки 700...900 см/мин, напряжение на дуге составляет 21...24 В, вылет электродной проволоки устанавливают 13 мм, скорость сварки поддерживают 25...40 см/мин, расход газа составляет 20 л/мин. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности.

После окончания сварки с использованием шлифовальной машинки и дисковой проволочной щетки зачищают поверхность сварного шва и основной металл на ширину 10 мм от края сварного шва.

Схема выполнения сборки и сварки стыков магистрального газопровода представлена на рисунке 13.

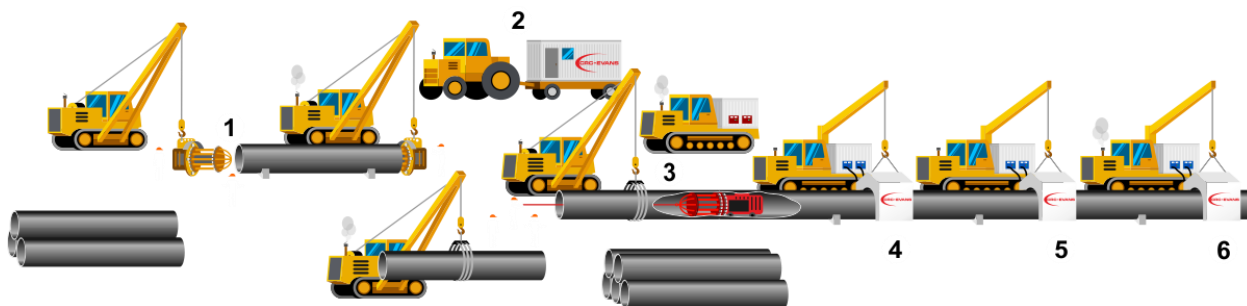


Рисунок 13 – Схема сборки и сварки стыков магистрального газопровода

Операция подготовки кромок труб с использованием станка PFM CRC-Evans обозначена позицией 1. Передвижная станция технического обслуживания обозначена позицией 2. Сборка стыка с применением центратора IWM CRC-Evans и сварка корневого слоя шва обозначена позицией 3. Сварка «горячего» прохода с применением автоматической головки P-600 обозначена позицией 4. Выполнение заполняющих проходов обозначено позицией 5. Выполнение облицовочного слоя обозначено позицией 6. Все сварочные работы ведутся в палатках из негорючих материалов.

1.4 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

Настоящая выпускная квалификационная работа посвящена повышению эффективности сварки стыков магистрального трубопровода с применением внутритрубной сварочной машины.

При обосновании актуальности выбранного направления работ обоснована необходимость поиска замены высокотехнологичному сварочному оборудованию западного производства.

Базовая технология предусматривает применение оборудования производства компании «CRC-Evans Pipeline International», входящей в состав американского объединения «Stanley Black & Decker». В настоящее время государство проявляет недружественные действия по отношению к Российской Федерации. Кроме того, следует отметить крайне низкую стабильность состояния экономики США, которая находится на грани краха вследствие неконтролируемого печатания долларов, которые, в отличие от российского рубля, не обеспечены материальными ресурсами и подвержены инфляции.

Исходя из этого, в рамках настоящей выпускной квалификационной работы следует предложить мероприятия по замене оборудования производства США на более близкое нам оборудование. При этом предлагается решить следующие задачи.

Первой задачей является обоснование замены сварочного оборудования на аналогичное оборудование без существенного изменения технологического процесса сборки и сварки.

Второй задачей является обоснование замены способа сварки на более производительный способ сварки на основании изучения источников научно-технической информации по вопросу повышения эффективности сварки магистральных трубопроводов с учётом разработок отечественных инженеров-сварщиков.

Третьей задачей является составление технологического процесса сварки. Решение этой задачи предусматривает составление перечня технологических операций, назначения параметров обработки и формулировку требований к выполнению технологических операций.

Четвёртой задачей является разработка элементов технологического оборудования для реализации проектного технологического процесса.

Пятой задачей является оценка экологичности предложенных в работе решений и на предмет обеспечения безопасности труда. Следует составить перечень опасных и вредных производственных факторов, предложить мероприятия и технические средства для их уменьшения или устранения, дать рекомендации по снижению экологических рисков [5], [8].

Шестой задачей является оценка возможного экономического эффекта при внедрении предлагаемых решений в производство. Для этого следует рассчитать себестоимость производства при использовании базовой и проектной технологии, рассчитать и сравнить экономические показатели и сделать вывод об экономической эффективности предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений [12], [13].

Решению первой, второй, третьей и четвёртой задач посвящен второй раздел настоящей выпускной квалификационной работы.

Решение пятой и шестой задач воспоследует в оценочном блоке настоящей выпускной квалификационной работе – третьем и четвёртом разделах.

2 Проектная технология сварки стыков магистрального газопровода с применением внутритрубной сварочной машины

2.1 Обоснование замены сварочного оборудования без изменения технологического процесса

Монопольное присутствие на российском рынке американских фирм – производителей оборудования для автоматической сварки магистральных трубопроводов привело к необоснованному завышению стоимости оборудования и комплектующих к нему, а также вредит безопасности Российской Федерации [19]. В связи с этим актуальным является поиск аналогичного оборудования, которое позволит получить альтернативу американским технологиям.

На основании изучения современного состояния рынка сварочных технологий можно указать на поставщиков Китайской Народной Республики, которые позволяют обеспечить потребности российской промышленности всем необходимым спектром оборудования для автоматической сварки магистральных трубопроводов, качество которых не будет уступать американской фирме CRC.

Особое внимание следует уделить продукции компании Xiongnu Electrical Co., Ltd, которая проводит научно-исследовательские работы в области повышения эффективности сварочных процессов применительно к сварке трубопроводов. Оборудование этой фирмы защищено патентами и имеет собственное программное обеспечение, что позволит избежать риска активации программных закладок при недружественных действиях со стороны западных стран.

В качестве источника питания для механизированной сварки предлагается применить представленный на рисунке 14 цифровой инверторный источник PCW-300, который позволяет выполнять сварку в

защитных газах с импульсным управлением переносом электродного металла.

В качестве внутритрубной сварочной машины предлагается применить внутритрубный многоголовочный сварочный автомат А-800Х, который представлен на рисунке 15. Сварочный автомат включает в себя прецизионный внутренний центратор и набор двухдуговых сварочных головок А-710Х, которые представлены на рисунке 16.



Рисунок 14 – Источник питания PCW-300 производства Xiongnu Electrical Co., Ltd



Рисунок 15 – Внутритрубная сварочная машина А-800Х



Рисунок 16 – Двухдуговая сварочная головка А-710Х

В качестве источника питания для внутренней сварки корневого слоя шва внутритрубная сварочная машина А-800Х оснащена инверторным источником питания MPS-500, который представлен на рисунке 17.

Высокая производительность сварки стыков обеспечивается за счёт применения узкой разделки, одновременной работе нескольких сварочных дуг и возможности программирования оптимальных параметров режима сварки для каждого пространственного положения.

Для выполнения «горячего» прохода, заполняющих слоёв и облицовочного слоя предлагается использовать автомат А-300Х, который представлен на рисунке 18.



Рисунок 17– Источник питания MPS-500 производства Xiongnu Electrical Co., Ltd



Рисунок 18 – Сварочный автомат А-300Х

На рисунке 19 показана форма сварного шва, полученного с применением автомата А-300Х, которая демонстрирует высокое качество.



Рисунок 19 – Форма сварного шва, выполненного автоматом А-300Х

За счёт применения в автомате А-300Х встроенного датчика положения и системы слежения за стыком обеспечивается высокое качество сварки и автоматизация процесса.

Представленное оборудование для автоматической сварки стыков трубопровода не потребует существенного изменения технологического процесса и пересмотра нормативной документации. До начала внедрения более производительных способов сварки предлагается применить описанное выше оборудование производства Xionggu Electrical Co., Ltd.

2.2 Обоснование выбора способа сварки

Следует указать на проблемы, с решением которых приходится сталкиваться при построении технологии дуговой сварки магистральных трубопроводов [17].

Первой проблемой является малая производительность дуговых процессов. Повышение производительности при построении технологии сварки обеспечивается за счёт автоматизации основных и вспомогательных операций, однако этот резерв в ближайшее время будет выработан, и дальнейшее повышение производительности будет возможно только при условии перехода на более перспективные способы сварки.

Второй проблемой является высокий процент брака. При использовании дуговых способов сварки приходится исправлять дефекты на 4...7 % сварных стыков.

Третьей проблемой является необходимость применения дорогостоящих сварочных материалов. Повышение экономической эффективности сварки магистральных трубопроводов лежит в области внедрения способов сварки, для которых не требуется применения расходных материалов.

Четвёртой проблемой является разделка кромок, которая становится узким местом в построении технологии дуговой сварки трубопровода. Необходимость выполнения разделки не только повышает трудоёмкость работ, но и заставляет многократно увеличивать объём расплавляемого металла.

Пятой проблемой является высокие требования подготовки, которые предъявляются персоналу при реализации технологии дуговой сварки магистрального трубопровода.

На основании изучения работ [9], [15], [26] можно заключить, что большинство перечисленных выше проблем успешно разрешаются посредством внедрения контактной стыковой сварки оплавлением.

25 августа 20221 года на совместном заседании Администрации Псковской области, представителей «Газпром» и ГК AKRON Holding принято решение о возобновлении производства комплексов для стыковой сварки трубопроводов большого диаметра на базе завода «Электросвар».

Сварочные комплексы «Север», которые представлены на рисунке 20, признаны не имеющими аналогов по производительности и качеству соединений. Промышленное освоение выпуска таких установок проведено в 80-х годах прошлого столетия на псковском заводе ТЭСО. Предприятием было выпущено 70 установок «Север», с использованием которых сварено несколько десятков тысяч километров магистральных трубопроводов, успешная эксплуатация которых проходит в условиях Крайнего Севера.

В настоящий момент на территории предприятия ведётся восстановление и модернизация двух установок «Север», которые в ближайшее время будут поставлены на площадки для строительства магистральных трубопроводов. Процесс модернизации установки представлен на рисунке 21.

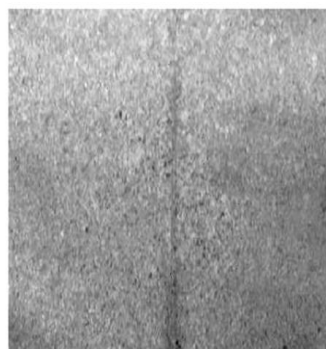


Рисунок 20 – Сварочный комплекс «Север» на территории цеха

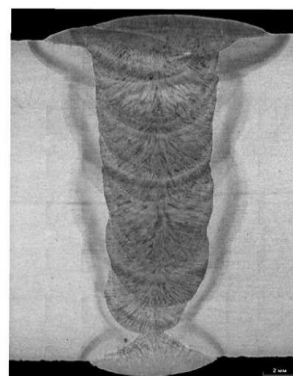


Рисунок 21 – Модернизация сварочного комплекса «Север»

На рисунке 22 представлена форма сварного соединения при контактной стыковой сварке оплавлением (рисунок 22-а) и при дуговой сварке (рисунок 22-б). Видно, что контактная стыковая сварка оплавлением позволяет существенно уменьшить объём расплавляемого металла. Это не только повышает производительность и энергоэффективность сварочной технологии, но и существенно уменьшает размеры зоны термического влияния. На рисунке 23 представлены основные проблемы применения контактной стыковой сварки оплавлением при строительстве магистральных трубопроводов.



а



б

Рисунок 22 – Форма шва при сварке стыков труб КССО (а) и плавящимся электродом по узкому зазору (б)



Рисунок 23 – Проблемы промышленного применения контактной стыковой сварки оплавлением при строительстве магистральных трубопроводов

Первой проблемой при сварке магистральных трубопроводов является ферритно-бейнитная или бейнитная структура стали, из которой выполнены современные трубы. В таких сталях наблюдается повышенное содержание ниобия, ванадия и титана, уменьшенное содержание углерода. Такие стали являются термически нестабильными, склонными к протеканию структурных изменений под действием термического цикла от сварки. В результате таких изменений могут пострадать механические свойства. Исходя из этого, следует предусмотреть выбор оптимальных параметров режима сварки при внедрении контактной стыковой сварки оплавлением [25].

Второй проблемой при сварке может стать смещение кромок труб, которое характерно для стыковой сварки оплавлением. Для решения этой проблемы следует предусмотреть в конструкции сварочной машины прецизионные датчики перемещений.

Третьей проблемой становится необходимость удавления грата с внешней и внутренней стороны трубы. С учётом того, что усиление сварного шва должно быть не более 3 мм, вопрос удавления грата при контактной стыковой сварке оплавлением магистральных трубопроводов становится актуальным.

Четвёртой проблемой является опасность обгорания при сварке внутреннего гладкостного покрытия труб.

Пятой проблемой является сложность проведения контроля качества при стыковой сварке оплавлением. В этой связи перспективным может стать разработка методик интеллектуального контроля по параметрам режима сварки, внедрение которого позволяет исключить послеоперационный контроль.

Шестой проблемой является необходимость применения энергетического оборудования, обеспечивающего кратковременное выделение значительной мощности, которая может составлять 2000 кВА [4], [16].

2.3 Описание способа сварки

Для повышения эффективности контактной стыковой сварки оплавлением магистральных трубопроводов предложено использовать разработанный отечественными учёными способ [3].

Сущность предлагаемого способа представлена на рисунке 24. При прохождении тока через припуски на сварку происходит предварительный нагрев основного металла. В последствии этот припуск будет расплавлен и выдавлен в грат. В течение процесса сварки на соединение действуют ультразвуковые колебания совместно с переменным магнитным полем.

В начальном периоде сварки происходит сжатие труб (обозначены на схеме позицией 1) в токоподводящих зажимах (обозначены на схеме позицией 2) с усилием P_n . Циклограмма тока и нагружения представлена на рисунке. За счёт величины давления P_n происходит косвенное регулирование температуры предварительного нагрева. Чем выше значение P_n , тем ниже температура предварительного нагрева деталей. Это объясняется тем, что начало интенсивной пластической деформации деталей под действием давления P_n зависит от нагрева деталей.

На токоподводящих зажимах установлены формирующие выступы (обозначены на схеме позицией 3). Начальный этап сварки представлен на рисунке 24-а.

С момента времени t_1 начинается свободная деформация нагреваемых участков. Этот период схематично представлен на рисунке 24-б.

К моменту времени t_2 полость между формирующими устройствами заполняется выдавленным металлом. Далее в момент времени t_2 происходит резкое увеличение давления до величины P_{oc} . Этот период схематично представлен на рисунке 24-в. На промежутке времени t_2-t_3 происходит ускоренное пластическое деформирование торцев труб, при этом выдавливание металла в зазор между формирующими устройствами затрудняется.

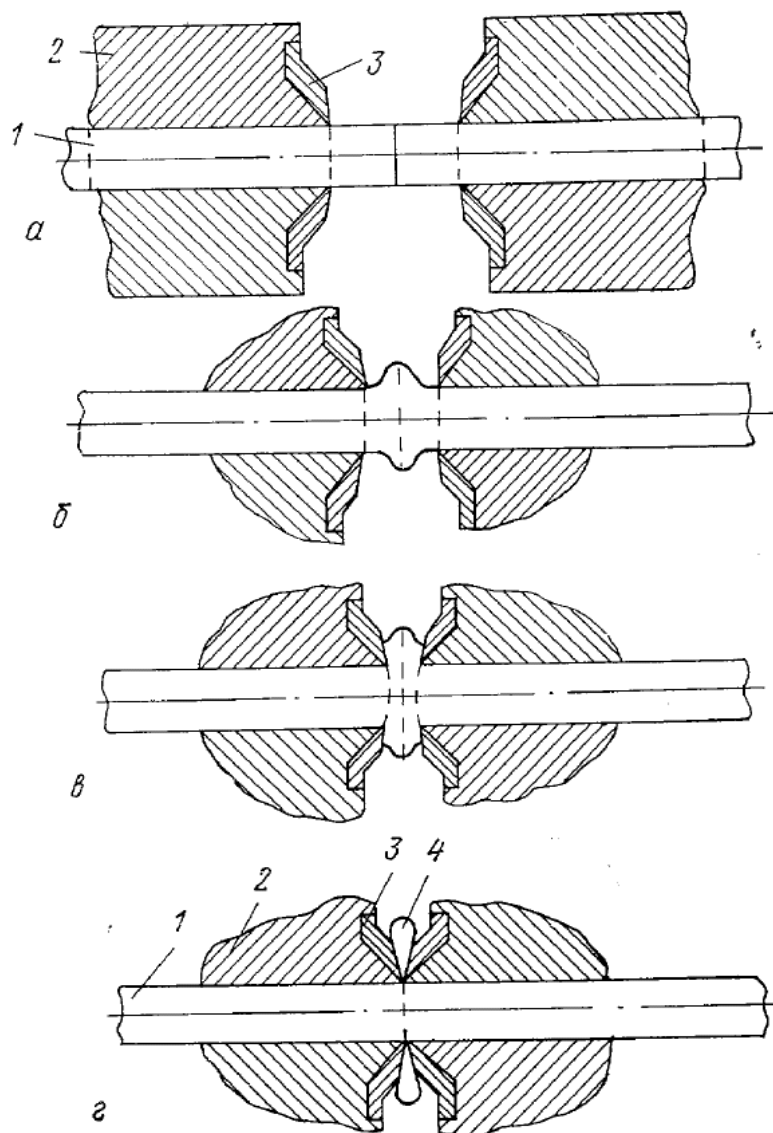


Рисунок 24 – Сущность предлагаемого способа контактной стыковой сварки трубопроводов

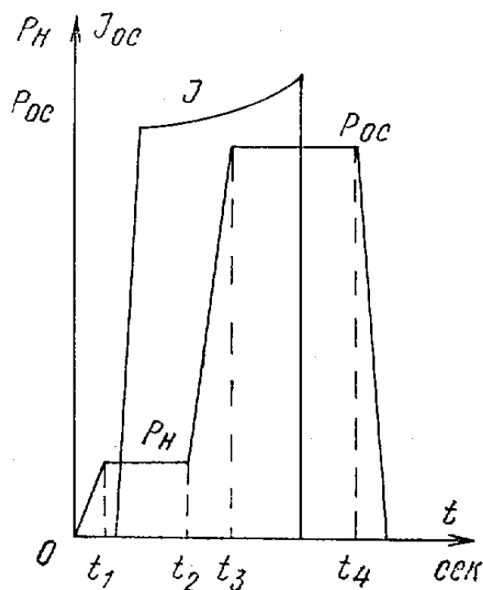


Рисунок 25 – Циклограмма тока и нагружения при сварке

В результате затруднения пластического деформирования металла, наблюдаемого к моменту времени t_3 , происходит глубокое упрочнение металла сварного соединения за счёт пресс-эффекта.

Далее ток выключают, а давление не снимают. Под действием давления $P_{ос}$ происходит срезание выдавленного металла (обозначен на схеме позицией 4). К моменту времени t_4 происходит окончательное формирование сварного соединения. Этот этап схематично показан на рисунке 24-г.

Следует указать, что такой способ формирования соединений позволяет максимально уменьшить тепловую нагрузку на основной металл трубы. Участки трубы, которые находятся внутри зажимов (обозначены на схеме позицией 2), практически не нагреваются, так как происходит их интенсивное охлаждение медными токоподводами. В процессе сварки интенсивный нагрев происходит только на участке трубы, отведённой под припуск. С учётом малой теплопроводности свариваемой трубной стали следует предположить, что зона термического влияния при сварке по предлагаемому способу будет практически отсутствовать.

Также предлагаемый способ устраняет проблему усиления стенки трубы в зоне сварки. Образованное усиление будет автоматически переплавляться и срезаться вместе с гратом.

Образующийся при сварке грат представляет собой кольцо. После сварки это кольцо разрезают на две части и удаляют из зоны соединения.

2.4 Описание сварочного источника питания

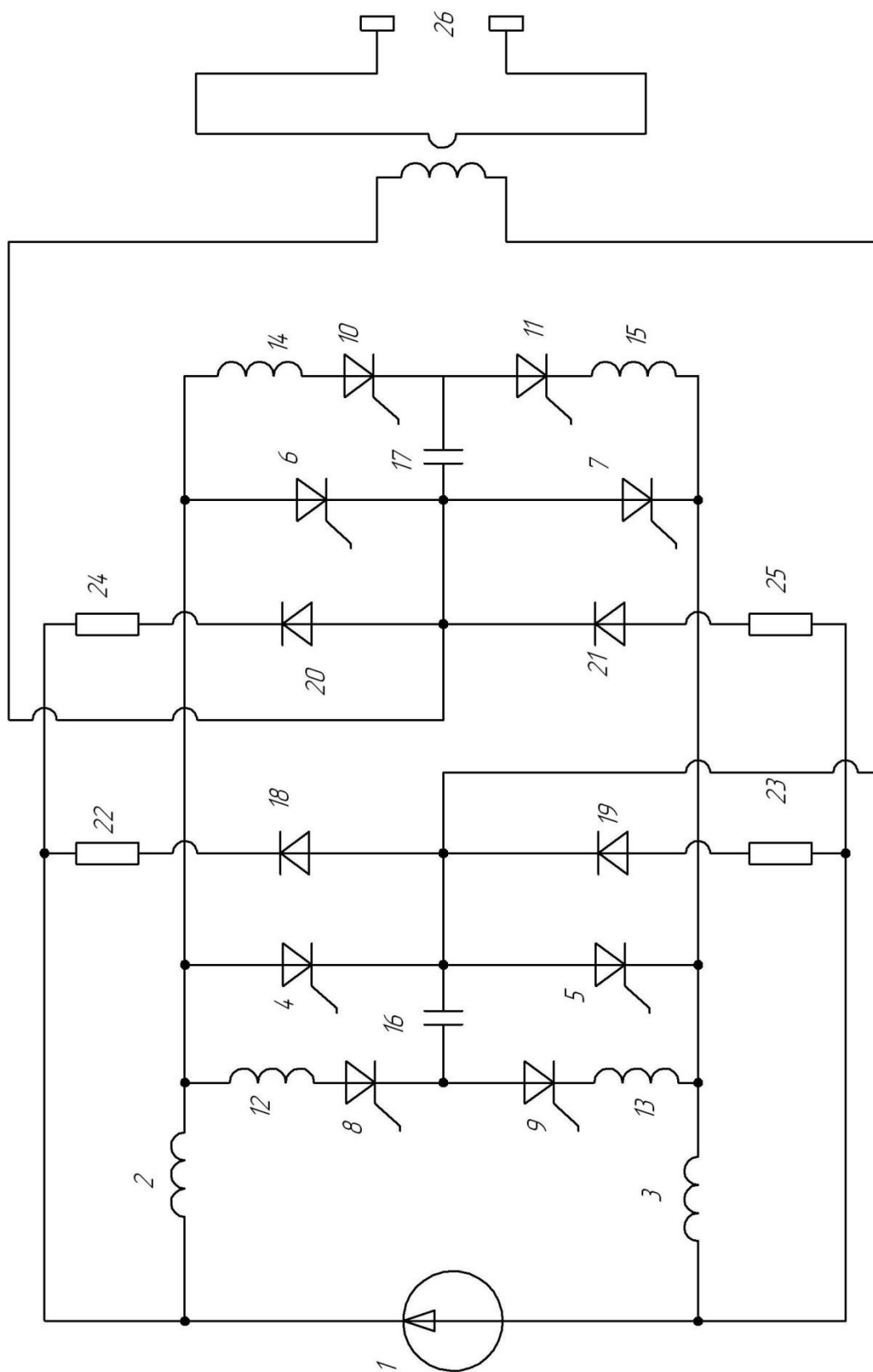
Применяемые для контактной стыковой сварки оплавлением машины в качестве источника питания используют мостовые инверторы с диагональным подключением трансформаторов. Устойчивость процесса оплавления обеспечивается за счёт получения на свариваемых деталях импульса напряжения прямоугольной формы. Следует указать основной

недостаток такой схемы, который заключается в необходимости применения аккумуляторных устройств, которые имеют значительные габариты и массу.

Для повышения эффективности сварки для обеспечения питания сварочной установки предлагается применить разработку отечественных учёных [2]. Схема предлагаемого источника питания представлена на рисунке 26.

В состав предлагаемого источника питания входит сварочный выпрямитель или генератор (обозначен на схеме позицией 1). Сварочный трансформатор (обозначен на схеме позицией 26) включен в диагональ мостового инвертора. В свою очередь мостовой инвертор состоит из основных тиристоров (обозначены на схеме позициями 4, 5, 6 и 7) и коммутирующих тиристоров (обозначены на схеме позициями 8, 9, 10 и 11). Через резисторы (обозначены на схеме позициями 22, 23, 24 и 25) к источнику постоянного напряжения 1 подключены обратные диоды (обозначены на схеме позициями 18, 19, 20 и 21). Также в схеме предусмотрено наличие двух коммутирующих ёмкостей (обозначены позициями 16 и 17) и четырёх коммутирующих дросселей (обозначены на схеме позициями 12, 13, 14 и 15).

«Инвертор работает следующим образом. Основные тиристоры отпираются поочередно парами 5, 6 и 4, 7 и формируют переменное напряжение прямоугольной формы на нагрузке. Коммутация тока основных тиристоров обеспечивается коммутирующими тиристорами 8, 9, 10, 11 в сочетании с коммутирующими емкостями 16,17 и дросселями 12, 13, 14. 15, которые формируют коммутирующий импульс напряжения. Тиристор 8 отпирается для коммутации тиристора 4, тиристор 9 для коммутации 5,10 для 6, 11 для 7. Поскольку нагрузка сварочной машины имеет активно-индуктивный характер, для возвращения энергии в источник питания в течение определенного времени каждого полупериода работы инвертора служат обратные диоды 18, 19, 20, 21» [2].



«1 – источник питания; 2, 3 – токоограничивающие дроссели; 4, 5, 6, 7 - основные тиристоры; 8, 9, 10, 11 – коммутирующие тиристоры 12, 13, 14, 15 – коммутирующие дроссели; 16, 17 – коммутирующие ёмкости 18, 19, 20, 21 – обратные диоды; 22, 23, 24, 25 – резисторы; 26 – сварочный трансформатор» [2]

Рисунок 26 – Источник питания для сварки

Применение предлагаемой схемы питания сварочной машины позволяет уменьшить габариты силовой установки и повысить стабильность процесса оплавления.

2.5 Описание внутритрубной сварочной машины

Для сварки применим внутритрубную машину конструкции, которая была предложена отечественными исследователями-сварщиками [1]. Комплектация внутритрубной сварочной машины представлена на рисунке 27. В состав комплекса входит корпус, выполненный в виде центральной штанги (обозначена на схеме позицией 1) и двух опорных дисков (обозначены на схеме позициями 2 и 3). При этом опорный диск 2 имеет шарнирную связь с подвижным механизмом зажатия (обозначен на схеме позицией 4). К опорному диску 2 жёстко крепится шток механизма зажатия (обозначен на схеме позицией 5), который опирается на корпус механизма зажатия (обозначен на схеме позицией 6).

На другом опорном диске 3, который размещается с другого конца штанги 1 крепятся цилиндры механизма осадки и механизма оплавления. Шток цилиндра механизма оплавления (обозначен на схеме позицией 7) крепится на корпусе механизма (обозначен на схеме позицией 8). Механизм зажатия (обозначен на схеме позицией 9) имеет пневматический цилиндр (обозначен на схеме позицией 10), шток этого цилиндра (обозначен на схеме позицией 11) опирается на корпус механизма оплавления и осадки 8.

Механизм зажатия и центрирования снабжён двумя двуплечными рычагами (обозначены на схеме позициями 12 и 13). Каждый двуплечный рычаг имеет центрирующие ролики (обозначены на схеме позициями 14 и 15), которые обеспечивают взаимодействие с внутренней поверхностью свариваемых труб (обозначены на схеме позициями 16 и 17). Другой конец каждого двуплечного рычага через упоры (обозначены позициями 18 и 19) опираются на опорный диск 2 и корпус механизма 8 соответственно.

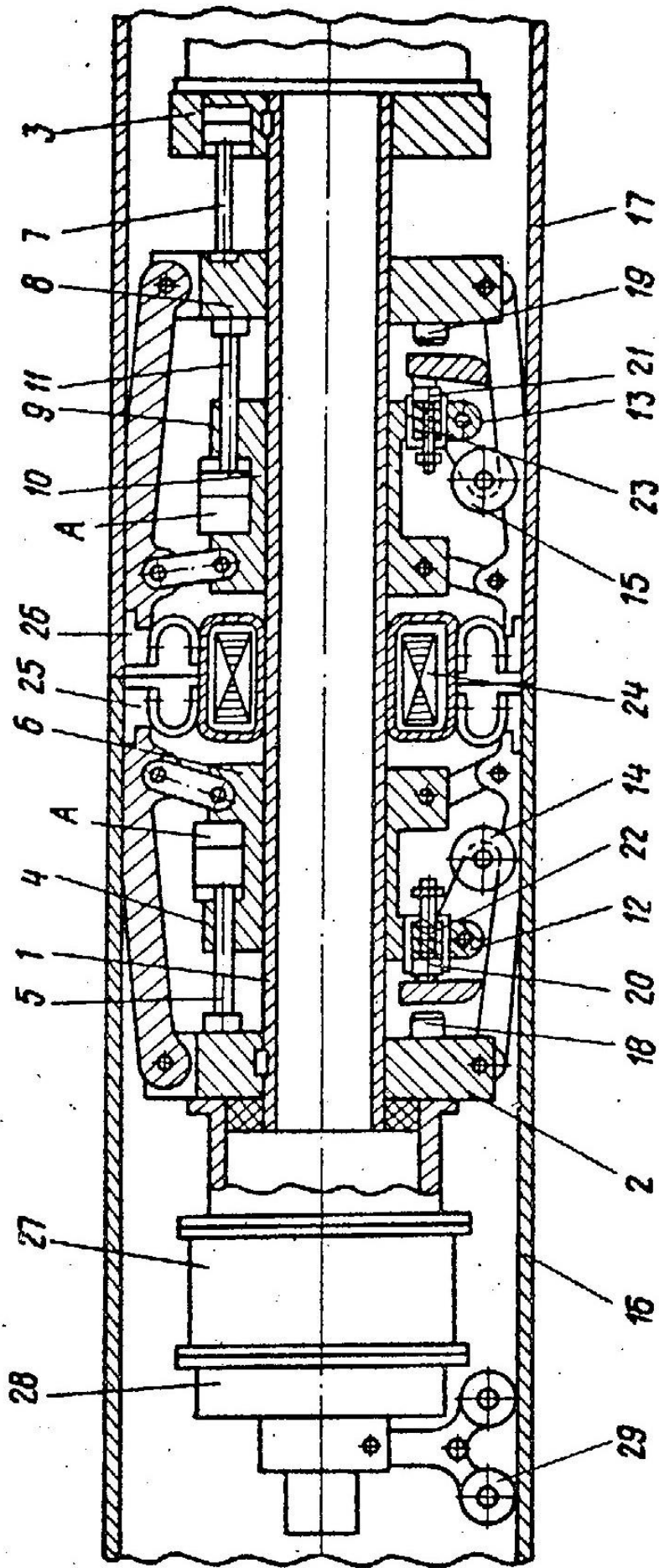


Рисунок 27 — Машина для контактной стыковой сварки трубопроводов

Противоположная сторона каждого двулучного рычага взаимодействует с подпружиненными упорами (обозначены на схеме позициями 20 и 21). Пружины (обозначены на схеме позициями 22 и 23) установлены в корпусах 6 и 10 механизмов зажатия.

На центрально оси машины размещается сварочный трансформатор (обозначен на схеме позицией 24), выводы которого соединяются с башмаками (обозначены на схеме позициями 25 и 26) при помощи гибких перемычек.

Внутритрубная сварочная машина снабжена насосной станцией (обозначена на схеме позицией 27) и приводом перемещения (обозначен на схеме позицией 28). Для перемещения машины внутри трубы служат ролики (обозначены на схеме позицией 29).

2.6 Проектный технологический процесс сварки стыка магистрального трубопровода с применением внутритрубной сварочной машины

При осуществлении технологического процесса сварки магистрального трубопровода с применением внутритрубной сварочной машины предусматривается последовательное выполнение операций:

- подготовка труб;
- зачистка поверхности труб под контактные башмаки;
- установка труб и их центровка с применением сварочной машины в качестве центратора;
- выполнение заданного сварочного цикла;
- удаление грата с наружной и внутренней части трубы.

Предварительной проводят внешний осмотр торцев труб. При помощи шлифования на ширину не менее 40 мм от торца удаляют наружные дефекты, к которым относят задиры, риски или царапины, если их глубина не

превышает 0,4 мм. При этом остающаяся толщина стенки трубы не должна выходить за пределы минусового допуска. Расслоения, забоины и дефекты глубиной более 0,4 мм исправлению не подлежат. В этом случае дефектный участок трубы должен быть отрезан на длину не менее 300 мм и снова проконтролирован. При этом выполняют ультразвуковой контроль по всему периметру трубы.

На рисунке 28 представлена схема организации поста для автоматической контактной стыковой сварки оплавлением с применением внутритрубной сварочной машины.

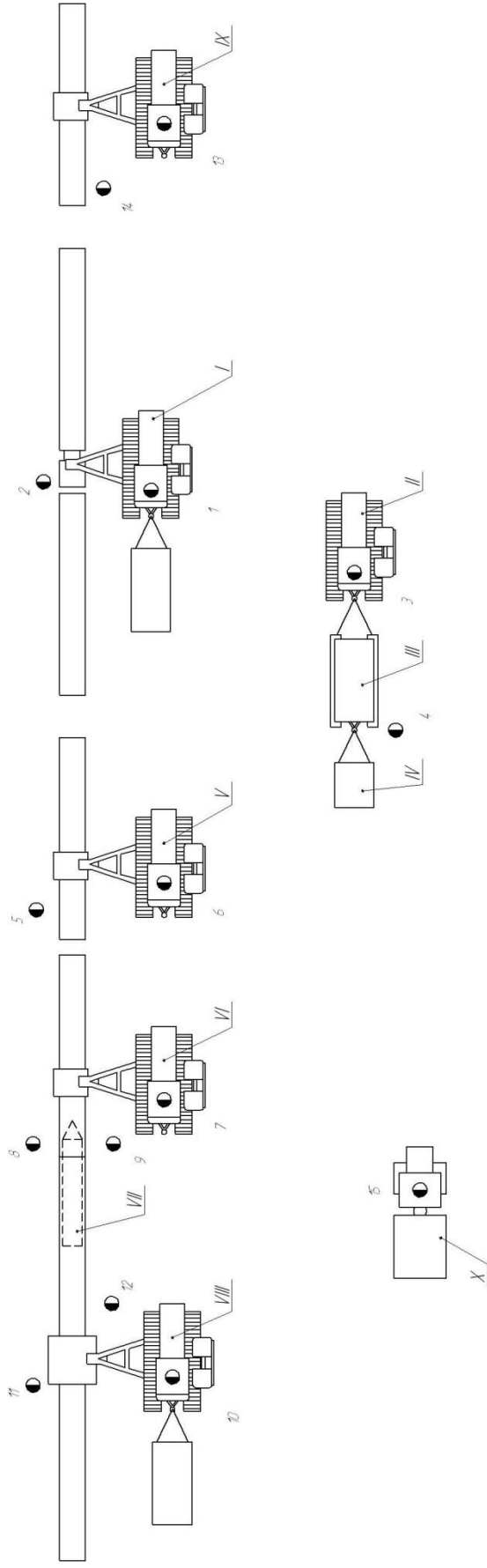
Первоначально свариваемые трубы раскладывают вдоль трассы. Первая труба укладывается на расстоянии 2...3 метра от нитки трубопровода, а остальные трубы укладываются дальше с таким расчётом, чтобы к обоим концам труб обеспечивался свободный доступ зачистного агрегата.

На ширину 370 мм от торца трубы выполняют зачистку поверхности трубы и снимают усиление продольного заводского шва на трубе. При этом остающееся усиление шва должно быть не более 0,5 мм.

Далее выполняют зачистку поверхности трубы под установку токоподводящих башмаков. Места установки башмаков должны быть на расстоянии 50 мм от торца трубы и быть шириной 150 мм. Фаски труб должны быть зачищены от грязи и ржавчины с применением металлической проволочной щетки.

Выполняют отключение внутритрубной сварочной машины от питания и перемещают питающую электростанцию вперед на длину привариваемого участка трубы.

В привариваемую секцию трубопровода вводят вспомогательный кабель и подают секцию к нитке трубопровода. Расстояние конца привариваемой секции от торца нитки трубопровода должно быть 1,5...2 метра при смещении в диаметральной плоскости не более 300 мм.



Состав оборудования:

- I - зачистное устройство
- II - тягач электростанции
- III - электростанция
- IV - вспомогательный кузов "кунг"
- V - трубоукладчик грузоподъёмностью 90 Т
- VI - трубоукладчик грузоподъёмностью 90 Т
- VII - сварочная машина
- VIII - установка для наружного гратосъёма
- IX - трубоукладчик для раскладки труб
- X - бульдозер

Состав бригады:

- 1 - машинист зачистного агрегата
- 2 - оператор зачистного устройства
- 3 - дизелист электростанции (водитель тягача)
- 4 - электрик
- 5, 12, 14 - вспомогательные рабочие
- 6, 7, 13 - машинист трубоукладчика
- 8 - помощник оператора сварочной машины
- 9 - оператор сварочной машины
- 10 - машинист гратоснимающего агрегата
- 11 - оператор наружного гратоснимателя
- 15 - бульдозерист

Рисунок 28 – Планировка участка сварки трубопровода

Далее выводят внутритрубную сварочную машину на край нитки трубопровода, при этом разжимные башмаки должны быть на расстоянии 35...40 мм от края трубы. Разжимают башмаки внутри нитки трубопровода.

При помощи трубоукладчика пристыковывают привариваемую трубу и разжимают башмаки внутри привариваемой трубы.

При центровке привариваемой трубы смещение кромок не должно быть более 2 мм. Необходимо добиваться равномерного по периметру зазора, который не должен превышать 7 мм.

После центровки труб выполняют сварку в автоматическом режиме. Параметры режима сварки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры режима сварки

Наименование параметра	Значение параметра
Напряжение на первичной обмотке сварочного трансформатора	400 В
Длительность первого периода оплавления	75...80 сек
Скорость оплавления на первом периоде	0,14 мм/с
Длительность второго периода оплавления	110...120 сек
Скорость оплавления на втором периоде	0,18 мм/с
Припуск на оплавление (без учёта зазора между трубами)	30...35 мм
Длительность осадки под током	0,5...0,8 сек
Величина осадки	8...10 мм

После сварки выполняется автоматическое удаление грата.

Таким образом, при выполнении настоящего раздела выпускной квалификационной работы выполнено обоснование эффективности применения для сварки магистральных трубопроводов контактной стыковой сварки оплавлением с применением внутритрубной сварочной машины. Предложена конструкция внутритрубной сварочной машины, разработана электрическая схема питания и способ сварки с автоматическим удалением грата и усиления стенки трубы в стыке. На период внедрения способа предложено рассмотреть замену оборудования американского производителя на аналогичное оборудование от дружественного китайского производителя.

3 Обеспечение безопасности и экологичности предлагаемых технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика рассматриваемого объекта

В ходе решения поставленных задач настоящей выпускной квалификационной работы составлена проектная технология сварки магистрального трубопровода. Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить контактную стыковую сварку оплавлением. Для этого будет внедрена разработка отечественных исследователей-сварщиков.

Проектная технология может быть условно разделена на пять операции и представлена в таблице 3. Первой операцией является контроль состояния труб, для выполнения которого применяется комплект визуально-измерительного контроля. Второй операцией является подготовка кромок, для выполнения которой применяется установка механизированной резки и комплект измерительных инструментов. Третьей операцией является сборка, для выполнения которой применяется сварочный комплекс и трубоукладчики. Четвёртой операцией является сварка, для выполнения которой применяется сварочный комплекс, трубоукладчики, мобильная электростанция, установка для съёма грата. Пятой операцией является выходной контроль, для выполнения которой применяется набор для визуально-измерительного контроля и мобильный дефектоскоп.

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

Таблица 3 – Технологический паспорт технического объекта

Наименование технологической операции в соответствии с проектным процессом	Привлекаемый для выполнения операции персонал	Перечень применяемого на операции технологического оборудования	Применяемые материалы и вещества
1. «Контроль труб	Слесарь-сборщик	Линейка металлическая, рулетка	-
2. Подготовка кромок	Слесарь-сборщик	Шаблон сварщика, шлифмашинка, линейка металлическая, штангенциркуль, станок СПК	Воздух сжатый, круги абразивные
3. Сборка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Шаблон сварщика, линейка, комплекс сварочный	Воздух сжатый
4. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	Комплекс сварочный, установка гратосъёма, измерительное оборудование	Воздух сжатый, вода техническая
5. Контроль качества» [15]	Дефектоскопист рентгенографирования	Установка «Кроулер» 3000	Радиографическая плёнка

Представленные в таблице 3 особенности выполнения операций технологического процесса позволят в дальнейшем идентифицировать опасные производственные факторы и предложить методы защиты от них.

3.2 Идентификация профессиональных и производственных рисков

При работе технологического оборудования, которое задействовано в осуществлении проектного технологического процесса, возникают опасные и вредные производственные факторы. Наличие этих факторов обусловлено особенностями выполнения каждой операции технологического процесса, которые были рассмотрены выше. В таблице 4 представлены результаты

идентификации возникающих профессиональных рисков. Источниками возникновения производственных рисков становится технологическое оборудование, размещённое на участке сварки.

Таблица 4 – Выявление и анализ источников возникновения производственных рисков

Наименование технологической операции	Формулировка вредного или опасного фактора, который возникает в процессе выполнения данной операции технологического процесса
1. Контроль труб	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
2. Подготовка кромок	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
3. Сборка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны
4. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; - опасные и вредные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой или низкой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги - инфракрасное излучение
5. Контроль качества	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; - радиационное излучение

В ходе оценки выделено семь негативных производственных факторов:

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

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

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

3.3 Методики и технические средства для устранения профессиональных рисков

Проведенная ранее идентификация профессиональных рисков позволила выявить семь негативных факторов, действие которых может вызывать опасность для персонала и проявляться во вреде здоровью вследствие кумулятивного эффекта.

В таблице 5 представлены необходимые мероприятия по защите персонала. Для обеспечения защиты персонала от возникающих негативных производственных факторов не требует разработки специальных методик и технических средств. Индивидуальная защита работников обеспечивается также за счёт оснащения их средствами индивидуальной защиты, к которым относятся: специальная одежда, перчатки, защитные очки, индивидуальные средства защиты дыхательных путей, защитные маски

Таблица 5 – Предлагаемые методики и технические средства для обеспечения производственной безопасности

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

Представленные в таблице 5 технические средства и мероприятия позволяют устранить негативные производственные факторы и обеспечить требуемую безопасность персонала при выполнении проектного технологического процесса.

3.4 Пожарная безопасность рассматриваемого технологического объекта

При выполнении операций предлагаемого проектного технологического процесса кроме возникновения негативных производственных факторов существует опасность возникновения пожара. В первую очередь это связано с тем, что сварочные и наплавочные работы являются источником высокой температуры и излучения. Для защиты предприятия от возможного возникновения пожара следует идентифицировать опасные факторы возможного пожара на рассматриваемом производственном участке, что показано в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

Наименование участка	Участок, на котором осуществляется сборка и сварка
Наименование оборудования	шлифовальная машина, набор для проведения предварительного подогрева, источник питания сварочной дуги, устройство формирования сварочных импульсов, механизм подачи сварочной проволоки, механизм подготовки смечи защитного газа, оборудование для проведения контроля качества сварки.
Классификация по виду горящего вещества	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)
Наименование основных опасных факторов пожара	Резкое повышение температуры на участке и вокруг него; выделение при горении токсичных продуктов и угарного газа; выделение аэрозолей, снижающих видимость на участке и вокруг него.
Наименование вторичных опасных факторов пожара	Короткие замыкания на оборудовании, запитанным высоким электрическим напряжением; действие на людей, находящихся в районе возгорания продуктов разложения составов, используемых для пожаротушения

На основании данных таблицы 6 возможный пожар, который может произойти на рассматриваемом производственном участке, относится к классу «Е», который предполагает горение материалов и веществ при наличии опасного напряжения.

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

Вследствие наличия негативных факторов при возникновении пожара возможно появление вторичных хлопков, локального задымления, промышленные здания могут приобретать отрицательную устойчивость.

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

В таблице 7 приведены технические средства по устранению факторов пожара.

Таблица 7 – Технические средства, обеспечивающие устранение опасных факторов при пожаре

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

Пожарная безопасность рассматриваемого производственного участка обеспечивается а счёт применения различных технических средств. В

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

Предложенные в настоящем разделе технические средства и мероприятия позволяют максимально снизить риск возникновения пожара и своевременно устранить негативные факторы при его возникновении.

3.5 Вопросы обеспечения экологической безопасности

Реализация предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе технических решений приводит к возникновению негативного антропогенного действия на окружающую среду. Следование мировой экологической повестки заставляет современное предприятие проводить мероприятия по обеспечению экологической безопасности производственных процессов. При этом следует обеспечить защиты основных элементов нашего ареала обитания: атмосферы, гидросферы и литосферы.

На основании анализа исходных данных могут быть предложены технические средства и организационные мероприятия, применение которых позволит устранить влияние на окружающую среду негативного антропогенного фактора или уменьшить его влияние до приемлемого уровня. Предлагаемые средства для этого представлены в таблице 8 и включают в себя набор стандартных методик и технических средств.

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

Таблица 8 – Предложенные мероприятия по уменьшению антропогенного действия на окружающую среду при реализации проектной технологии

Наименование составляющего среды	Производственный участок сборки и сварки с установленным на нём технологическим оборудованием
Атмосфера	Установка в вентиляционную систему цеха специальных улавливающих фильтров, обеспечивающих задержку выделяющихся при сварке и работе оборудования вредных веществ
Гидросфера	Обеспечить отсутствие протечек масла из гидравлических систем применяемого оборудования. В случае обнаружения таких протечек своевременно их устранять
Литосфера	Размещение на территории предприятия специализированных емкостей для селективного сбора производственного мусора. Проведение инструктажа работников на предмет соблюдения мероприятий по сбору промышленного мусора и отходов.

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

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

4 Экономическое обоснование предлагаемых в выпускной квалификационной работе решений

4.1 Анализ исходной информации по базовой и проектной технологиям

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

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить контактную стыковую сварку оплавлением. Для этого будет внедрена разработка отечественных исследователей-сварщиков.

Проектная технология может быть условно разделена на пять операций. Первой операцией является контроль состояния труб, для выполнения которого применяется комплект визуально-измерительного контроля. Второй операцией является подготовка кромок, для выполнения которой применяется установка механизированной резки и комплект измерительных инструментов. Третьей операцией является сборка, для выполнения которой применяется сварочный комплекс и трубоукладчики. Четвёртой операцией является сварка, для выполнения которой применяется сварочный комплекс, трубоукладчики, мобильная электростанция, установка для съёма грата. Пятой операцией является выходной контроль, для выполнения которой применяется набор для визуально-измерительного контроля и мобильный дефектоскоп.

В таблице 9 представлены исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии сборки и сварки с учётом рыночной стоимости используемого оборудования и вспомогательных затрат.

Таблица 9 – Исходные данные для проведения экономических расчётов по рассматриваемым вариантам технологии

Экономический показатель	Принятое в расчётной формуле буквенное обозначение показателя	Единица измерения экономического показателя	Значение экономического показателя применительно к базовой и проектной технологиям	
			Базовая технология	Проектная технология
«Число рабочих смен в сутках	$K_{см}$	-	2	2
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	$C_{об}$	руб.	10620 тыс.	18530 тыс.
Норма амортизации оборудования	K_a	%	21,5	21,5
Мощность оборудования	$M_{уст}$	кВт	40	600
Коэффициент транспортно-заготовительных расходов	$K_{т-з}$	%	5	5
Стоимость электрической энергии	$C_{э-э}$	Р/ кВт	3,4	3,4
Коэффициент полезного действия	$K_{пд}$	-	0,7	0,7
Коэффициент затрат на монтаж и демонтаж оборудования	$K_{мон}$ $K_{дем}$	%	3	5
Площадь под оборудование	S	m^2	400	400
Стоимость эксплуатации площадей	$C_{эксп}$	(Р/ m^2)/год	2000	2000
Цена производственных площадей	$C_{пл}$	Р/ m^2	30000	30000
Норма амортизации площади	$На.пл.$	%	5	5
Коэффициент дополнительной производственной площади	$K_{пл}$	-	3	3
Коэффициент эффективности капитальных вложений	E_n	-	0,33	0,33
Коэффициент цеховых расходов	$K_{цех}$	-	1,5	1,5
Коэффициент заводских расходов» [12]	$K_{зав}$	-	1,15	1,15

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

4.2 Оценка фонда времени работы оборудования

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_H = (277 \cdot 8 - 7 \cdot 1) \cdot 2 = 4418$ часов. Значение эффективного фона рабочего времени следует вычислить с учётом задаваемых потерь рабочего времени $B=7\%$:

$$F_3 = F_H(1 - B/100). \quad (2)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $F_3 = 4418 \cdot (1 - 7/100) = 4108$ часов.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $t_{шт.баз} = 6,6 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 8$ часов и $t_{шт.проектн.} = 0,8 \cdot (100\% + 50\% + 10\% + 10\% + 5\%) = 1$ час.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\Pi_{r.баз.} = 4108/8 = 513$ стыков для базового технологического процесса и $\Pi_{r.пр.} = 4108/1 = 4108$ стыков для проектного технологического процесса. На основании анализа потребности отрасли в рассматриваемом оборудовании принимаем размер годовой программы для проектного варианта технологии и базового варианта технологии $\Pi_r = 400$ стыков в год.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $n_{\text{расч}} = 8 \cdot 400 / (4108 \cdot 1,03) = 0,8$ для базового варианта технологического процесса; $n_{\text{расч}} = 1 \cdot 400 / (4108 \cdot 1,03) = 0,1$ для проектного варианта технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $K_{\text{з}} = 0,8/1 = 0,8$ для базового варианта технологического процесса и $K_{\text{з}} = 0,1/1 = 0,1$ для проектного варианта технологического процесса.

Значение величины коэффициента загрузки оборудования $K_{\text{з}}$ для проектного и базового вариантов технологического процесса в дальнейшем понадобятся для расчёта капитальных затрат на построение технологии.

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

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

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

$$M = C_M \cdot N_p \cdot K_{Т-з} . \quad (7)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $M=300 \cdot 10 \cdot 1,05 = 3150$ рублей для операций базового технологического процесса (затраты на сварочные электроды); для операций проектного технологического процесса: $M=300 \cdot 0,5 \cdot 1,05 = 158$ рублей (затраты на охлаждающую воду).

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $Z_{осн} = 8 \cdot 200 \cdot 1,88 = 3008$ рублей для базового варианта технологического процесса и $Z_{осн} = 1 \cdot 200 \cdot 1,88 = 376$ рублей для проектного варианта технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить

расчётную величину: $Z_{\text{доп}} = 3008 \cdot 12 / 100 = 360$ рублей для операций базового технологического процесса и $Z_{\text{доп}} = 376 \cdot 12 / 100 = 45$ рублей для операций проектного технологического процесса.

Величина фонда заработной платы ФЗП рассчитывается как сумма основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной заработной платы $Z_{\text{доп}}$. Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $\text{ФЗП} = 3008 + 360 = 3368$ рублей для операций базового технологического процесса и $\text{ФЗП} = 376 + 45 = 421$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $O_{\text{сн}} = 3368 \cdot 34 / 100 = 1145$ рублей для операций базового технологического процесса и $O_{\text{сн}} = 421 \cdot 34 / 100 = 143$ рублей для операций проектного технологического процесса.

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

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

При вычислении амортизационных отчислений $A_{\text{об}}$ следует учитывать норму амортизации N_a , которая для рассматриваемой выпускной квалификационной работы составляет $N_a = 21,5 \%$. Также в расчёт включено машинное время $t_{\text{маш}}$, которое ранее было рассчитано для операций проектной и базовой технологий. В формулу включены также эффективный годовой фонд времени работы оборудования F_3 и цена оборудования $\Pi_{\text{об}}$.

$$A_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{об}} \cdot N_a \cdot t_{\text{маш}}}{F_3 \cdot 100}. \quad (12)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $A_{об.} = 10620000 \cdot 21,5 \cdot 8 / 4108 / 100 = 4446$ рублей по базовому варианту технологии, по проектному варианту технологии: $A_{об.} = 18530000 \cdot 21,5 \cdot 1 / 4108 / 100 = 969$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $P_{ээ} = 40 \cdot 8 \cdot 3,4 / 0,7 = 1554$ рублей для базового варианта технологического процесса, $P_{ээ} = 600 \cdot 1 \cdot 3,4 / 0,85 = 2400$ рублей для проектного технологического процесса.

После подстановки рассчитанных выше значений в формулу (11) вычисляем затраты на оборудование: $Z_{об} = 4446 + 1554 = 6000$ рублей по базовому технологическому процессу и $Z_{об} = 969 + 2400 = 3369$ рублей по проектному технологическому процессу.

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

$$C_{тех} = M + \text{ФЗП} + O_{сн} + Z_{об}. \quad (14)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{тех} = 3150 + 3368 + 1145 + 6000 = 13663$ рублей для базового варианта технологического процесса, и для проектного технологического процесса $C_{тех} = 158 + 421 + 143 + 3369 = 4091$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину: $C_{\text{цех}}=13663 + 1,5 \cdot 3008 = 13663 + 4512 = 18175$ рублей для базового технологического процесса и для проектного технологического процесса $C_{\text{цех}}=4091 + 1,5 \cdot 376 = 4091 + 564 = 4655$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $C_{\text{зав}} = 18175 + 1,15 \cdot 3008 = 18175 + 3460 = 21635$ рублей для базового варианта технологии, и для проектного технологического процесса $C_{\text{зав}} = 4655 + 1,15 \cdot 376 = 4655 + 432 = 5087$ рублей.

В таблице 10 представлена калькуляция заводской стоимости выполнения операций по базовому варианту технологического процесса и проектному варианту технологического процесса.

Таблица 10 – Исходные данные и расчёт заводской стоимости при выполнении операций согласно базового технологического процесса и согласно проектного технологического процесса

Показатель	Условное обозначение	Калькуляция, руб.	
		Базовый вариант	Проектный вариант
1. «Затраты на материалы»	М	3150	158
2. Фонд заработной платы	ФЗП	3368	421
3. Отчисления на соц. нужды	Осн	1145	143
4. Затраты на оборудование	Зоб	6000	3369
6. Технологическая себестоимость	Стех	13663	4091
7. Цеховые расходы	Рцех	4512	564
8. Цеховая себестоимость	Сцех	18175	4655
9. Заводские расходы	Рзав	3460	432
10. Заводская себестоимость» [12]	$C_{\text{зав}}$	21635	5087

Значительное снижение технологической и заводской себестоимости при изготовлении по проектному варианту технологии по сравнению с базовым вариантом технологии объясняется высокой производительностью

труба и повышение стабильности качества выпускаемой продукции. При этом предлагаемые технические решения и организационные мероприятия позволили как повысить качество, так и увеличить производительность работ. При этом себестоимость выпуска продукции уменьшается. Что доказывается проведёнными экономическим расчётами.

Дальнейшие работы направлены на определение величины капитальных вложений при реализации проектной технологии и реализации базовой технологии. Далее будут вычислены экономические показатели предлагаемых решений и сделан вывод об эффективности внедрения этих решений в производственный процесс.

4.5 Капитальные затраты при реализации проектного и базового вариантов технологии

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Pi_{\text{об. б.}} = 10620000 - (10620000 \cdot 3 \cdot 21,5 / 100) = 3770000$ рублей.

Капитальные затраты по базовой технологии могут быть рассчитаны как:

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{общ. б.}} = 1 \cdot 3770000 \cdot 0,8 = 3000000$ рублей.

Расчёт капитальных затрат $K_{\text{общ. пр.}}$ при реализации проектной технологии требует учёта капитальных вложений в производственные площади $K_{\text{пл. пр.}}$, сопутствующих затрат $K_{\text{соп}}$ и капитальных затрат на оборудование $K_{\text{об. пр.}}$:

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{об. пр.}} = 18530000 \cdot 1,05 \cdot 0,1 = 1945000$ рублей.

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{дем}} = 1 \cdot 10620000 \cdot 0,05 = 531000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{монт}} = 18530000 \cdot 0,05 = 926000$ рублей.

Величина сопутствующих расходов определяется как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{\text{соп}} = 531000 + 926000 = 1457000$ рублей.

Далее с использованием подставленных в формулу (19) значений получили общие капитальные затраты $K_{\text{общ. пр.}} = 1945000 + 1457000 = 3402000$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{доп}} = 3402000 - 3000000 = 402000$ рублей.

Величину удельных капитальных вложений определяем с учётом годовой программы Π_r :

$$K_{\text{уд}} = K_{\text{общ}} / \Pi_r. \quad (25)$$

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $K_{\text{уд}} = 3000000/400 = 7500$ рублей за единицу продукции по базовой технологии и $K_{\text{уд}} = 3402000/400 = 8505$ рублей за единицу продукции по проектной технологии.

4.6 Показатели экономической эффективности

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

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta t_{шт} = (8-1) \cdot 100 \% / 8 = 87 \%$.

Повышение производительности P_T рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_T = 100 \cdot 87 / (100 - 87) = 670 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\Delta C_{тех} = (13663 - 4091) \cdot 100\% / 13663 = 70 \%$.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $P_{ож} = (21635 - 5087) \cdot 400 = 6619200$ рублей.

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

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $T_{ок} = 402000 / 6619200 = 0,1$ года.

Величина годового экономического эффекта $\mathcal{E}_Г$ рассчитывается как

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

Представленные выше исходные значения позволяют получить расчётную величину $\mathcal{E}_Г = 6619200 - 0,33 \cdot 402000 = 6,48$ млн. руб.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 670 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 70 %. При этом за

счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 6,48 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

Значительное снижение технологической и заводской себестоимости при изготовлении по проектному варианту технологии по сравнению с базовым вариантом технологии объясняется высокой производительностью труба и повышение стабильности качества выпускаемой продукции. При этом предлагаемые технические решения и организационные мероприятия позволили как повысить качество, так и увеличить производительность работ. При этом себестоимость выпуска продукции уменьшается. Что доказывается проведёнными экономическим расчётами.

Следует принимать во внимание, что экономический эффект от внедрения проектной технологии рассчитался на существующее производство с заданным заранее объёмом работ. Так как внедрение предлагаемых технических решений и организационных мероприятий приводит к кратному повышению производительности труда, на следующий год предприятие может взять больший объём работ. При этом следует ожидать кратного увеличения экономического эффекта, который может измеряться десятками миллионов рублей.

При внедрении предлагаемых технологических решений и организационных мероприятий в масштабах отрасли следует ожидать экономический эффект, измеряемый в миллиардах рублей.

Заключение

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

При обосновании актуальности выбранного направления работ обоснована необходимость поиска замены высокотехнологичному сварочному оборудованию западного производства.

Базовая технология предусматривает применение оборудования производства компании «CRC-Evans Pipeline International», входящей в состав американского объединения «Stanley Black & Decker». В настоящее время государство проявляет недружественные действия по отношению к Российской Федерации. Кроме того, следует отметить крайне низкую стабильность состояния экономики США, которая находится на грани краха вследствие неконтролируемого печатания долларов.

Выполненный анализ состояния вопроса позволил обосновать выбор способа сварки, в качестве которого для построения проектной технологии предлагается применить контактную стыковую сварку оплавлением. Для этого будет внедрена разработка отечественных исследователей-сварщиков.

Проектная технология может быть условно разделена на пять операций. Первой операцией является контроль состояния труб, для выполнения которого применяется комплект визуально-измерительного контроля. Второй операцией является подготовка кромок, для выполнения которой применяется установка механизированной резки и комплект измерительных инструментов. Третьей операцией является сборка, для выполнения которой применяется сварочный комплекс и трубоукладчики. Четвёртой операцией является сварка, для выполнения которой применяется сварочный комплекс, трубоукладчики, мобильная электростанция, установка для съёма грата. Пятой операцией является выходной контроль, для

выполнения которой применяется набор для визуально-измерительного контроля и мобильный дефектоскоп.

При анализе опасных и вредных производственных факторов, которые сопровождают выполнение операций проектного технологического процесса, идентифицированы негативные производственные факторы, предложены технические средства и организационные мероприятия по защите от них.

Выполнена оценка проектной технологии на предмет обеспечения экологической безопасности. Предложены организационные мероприятия по защите окружающей среды от возникающих при реализации проектной технологии негативных антропогенных факторов.

Проведенные экономические расчёты позволяют судить о высокой эффективности предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решениях. Производительность труда повышается на 670 %. Уменьшение технологической себестоимости составило 70 %. При этом за счёт повышения производительности труда и снижения издержек удалось получить годовой экономический эффект в размере 6,48 млн. рублей. Средства, затраченные на внедрение предлагаемых в настоящей выпускной квалификационной работе решений, будут окуплены за 0,1 года.

Значительное снижение технологической и заводской себестоимости при изготовлении по проектному варианту технологии по сравнению с базовым вариантом технологии объясняется высокой производительностью труба и повышение стабильности качества выпускаемой продукции. При этом предлагаемые технические решения и организационные мероприятия позволили как повысить качество, так и увеличить производительность работ. При этом себестоимость выпуска продукции уменьшается. Что доказывается проведёнными экономическим расчётами.

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

Результаты работы предлагаются к использованию при строительстве магистральных трубопроводов.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Авторское свидетельство СССР № 1337216 МКИ В23К11/04. Машина для контактной стыковой сварки труб / Кучук-Яценко С. И., Сахарнов В. А., Галян Б. А. Заявл. 25.06.1981; Оpubл. 15.09.1987. Бюл. № 34. 4 с.
2. Авторское свидетельство СССР № 4893809 МКИ В23К11/04. Источник питания для стыковой сварки оплавлением / Будилов Б. А., Сахно Л. И., Сахно О. И. Заявл. 25.12.1990; Оpubл. 23.11.1992. Бюл. № 43. 6 с.
3. Авторское свидетельство СССР № 495174 МКИ В23К11/04. Способ контактной стыковой сварки / Сахацкий Г. П., Лебедев В. К., Широковский Р. М. Заявл. 10.08.1972; Оpubл. 15.12.1975. Бюл. № 46. 3 с.
4. Алешин Н. П., Григорьев М. В., Хоменко В. И. Инновационная технология сварки магистральных трубопроводов большого диаметра // Сварка и Диагностика. 2012. № 4. С. 39–42.
5. Белов С. В. Охрана окружающей среды. М. : Машиностроение, 1990. 372с.
6. Борцов А. Н., Шабалов И. П., Величко А. А. Особенности многоэлектродной сварки под слоем флюса при производстве высокопрочных толстостенных труб // Metallurg. 2013 № 4. С. 69–76
7. Вышемирский Е. М. Основные направления реализации технологической политики ПАО «Газпром» в области сварки и контроля качества сварных соединений при строительстве и ремонте газопроводов // Газовая промышленность. 2017. №. 2 С. 80–87.
8. Горина Л. Н. Обеспечение безопасных условий труда на производстве: учебное пособие. Тольятти : ТолПИ, 2000. 68 с.
9. Журавлёв С. И. Пути решения проблем внедрения контактной стыковой сварки оплавлением на магистральных трубопроводах больших диаметров // Известия высших учебных заведений. 2013. № 8. С. 64–71.

10. Климов А. С. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-метод. пособие по выполнению выпускной квалификационной работы бакалавра. Тольятти : ТГУ, 2021. 62 с.
11. Крампит А. Г., Крампит Н. Ю., Габитов Э. К. Модернизация сварочного оборудования – как решение приоритетной задачи по импортозамещению // Технологии и материалы. 2016. № 4. С. 18–23.
12. Краснопевцева И. В. Экономическая часть дипломного проекта : метод. указания. Тольятти : ТГУ, 2008. 38 с.
13. Кудинова Г. Э. Организация производства и менеджмент : метод. указания к выполнению курсовой работы. Тольятти : ТГУ, 2005. 35 с.
14. Кулагин В. А., Грушевенко Д. А., Козина Е. О. Эффективное импортозамещение // Энергетика и геополитика. 2015. № 1. С. 49–57.
15. Кучук-Яценко, С.И. Контактная стыковая сварка оплавлением. – Киев: Наукова Думка. – 1992. – 236 с.
16. Кучук-Яценко С. И., Нейло Ю. С., Гавриш В. С. Перспективы повышения энергетических показателей при контактной стыковой сварке (обзор) // Автоматическая сварка. 2010. № 2. С. 30–35.
17. Мазур И. И., Иванов О. М. Безопасность трубопроводных систем. М.: ИЦ «Елима». 2004. 1104 с.
18. Мау В.А., Улюкаев А.В. Глобальный кризис и тенденции экономического развития // Вопросы экономики. 2014. № 11. С. 3–9.
19. Одер А. Л., Шуляк В. В., Глушак Н. В. Новое сварочное оборудование для сварки трубопроводов // Территория Нефтегаз. 2017. № 5. С. 55–57.
20. Трофимов Г. В. Механизмы импортозамещения на уровне отраслей // Институт финансовых исследований. М.: 2015. 315 с.
21. Хлусова Е. И., Орлов В. В. Стабильность свойств высокопрочных штрипсовых сталей // Черная металлургия. 2013 № 12. С. 27–29.

22. Худяков А. О., Данилкин П. А. Обеспечение трещиностойкости сварных соединений толстостенных труб большого диаметра класса прочности К60, К65 // Вестник ЮУрГУ. 2015. № 1. С. 96–102.

23. Чучкалов М. В, Аскарлов Р. М., Хафизов Р. Ф. Оценка безопасности эксплуатации магистральных газопроводов больших диаметров, сваренных контактной стыковой сваркой. Исследование механических свойств сварных соединений // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2008. № 2. С. 86–94.

24. Щербань А. Ю. Импортозамещение в России // Economics. 2014. № 7. С. 17–21.

25. Ichiyama Y., Kodama S. Flash-butt welding of high strength steels // Nippon Steel Technical Report. 2007. Issue 95. P. 81–87.

26. Komizo Yuichi. Overview of recent welding technology relating to pipeline construction // Transactions of JWRI. 2008. №. 1. P. 1–5