

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование)

15.03.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

«Современные технологические процессы изготовления деталей в
машиностроении

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технология и оборудование для восстановления трубопровода
после взрыва

Обучающийся

В.А. Сальников

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент К.В. Моторин

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

Тольятти 2023

Аннотация

У многих МГП срок службы уже подходит к концу, поэтому часто происходят аварийные ситуации. Одной из таких ситуаций встречается взрыв на МГП. По статистике в год происходит по 15 аварийных ситуаций, и это говорит о том, что в связи с этим актуальна выпускная квалификационная работа - технология и оборудование для ремонта магистрального трубопровода после взрыва. При достижении скорости распространения пламени более 100 м/сек возникает дефлаграционное горение, при котором генерируются взрывные волны с максимальным разрушающим избыточным давлением до 100 кПа. Продолжительность горения до достижения взрывного режима для газов - около 0,2 сек.

При дальнейшем ускорении горения дефлаграционные процессы перерастают в детонационные, со скоростью распространения пламени более 1 км/сек.

Статистика показывает, что примерно 80% аварий сопровождается пожаром [44].

В данной работе был проведен анализ, благодаря которому были рассмотрены как базовый вариант так и предложенный новый. На основании этого анализа были выявлены и поставлены задачи которые решались в данной работе.

Были изучены современные технологии по ремонту МГП и проанализировано немало научных статей для того, чтобы можно сделать конкретные выводы.

В этой работе проанализирована современная технология по ремонту МГП после взрыва, которая является не только эффективной при ремонте, но и является, что немало важно в наше время экономичной.

Содержание

Введение.....	5
1 Современное состояние вопроса по ремонту магистрального трубопровода после взрыва	7
1.1 Характеристика и описание МГП	7
1.2 Виды дефектов при взрыве МГП	11
1.3 Виды ремонта магистральных газопроводов.....	12
1.4 Текущий ремонт магистральных газопроводов	14
1.4.1 Капитальный ремонт магистральных газопроводов.....	16
1.4.2 Работы по локализации или ликвидации аварий.....	19
1.5 Анализ базовой технологии.....	20
1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы.....	24
2 Проектная технология восстановления магистрального трубопровода при помощи монтажа “катушки” с применением азотной станции.....	26
2.1 Использование азотной станции при аварийных работах	26
2.2 Подготовка МГП к монтажу “катушки”	27
2.3 Оценка свариваемости	31
2.4 Выбор технологии сварки	32
2.5 Выбор и разработка оборудования и оснастки	35
2.6 Расчет параметров режима сварки	40
2.7 Прогнозирование химического состава и свойств сварного шва	45
3 Сварочное оборудование и материалы.....	50
4 Безопасность и экологичность работы	55
4.1 Идентификация профессиональных рисков	56

4.2	Меры по снижению опасных и вредных факторов.....	57
4.3	Мероприятия по охране окружающей среды при проведении работ по очистке полости, испытаниям, удалению воды из участков газопроводов, технологических трубопроводов.....	59
4.4	Пожарная безопасность на производстве.....	60
5	Экономическая эффективность.....	62
5.1	Стоимость капитального ремонта по Прейскуранту.....	62
5.2	Затраты на материалы и строительные конструкции	64
5.3	Затраты по базовой технологии	65
5.4	Затраты за перебой поставки газа	68
5.5	Затраты по предлагаемой технологии	69
	Заключение	73
	Список используемой литературы и используемых источников.....	75

Введение

Магистрально транспортная система одним визуально напоминает сердечно сосудистую систему человека, так как есть сердце - это компрессорные станции, а кровеносные сосуды - это газопроводы, а другим напоминает мощное дерево с раскидистой кроной. Корни визуально представляют систему газопроводов, а ствол представляет собой линейную часть магистральных газопроводов. Если в обоих этих случаях исправление болезней происходит за счет внутренних сил организма, то для исправления проблем внутри газотранспортной системы требуется гораздо больше внешних усилий. Самой главной задачей для магистрально транспортных систем служит обеспечение бесперебойной подачи газа до потребителя за счет надежной и безопасной эксплуатации.

«Протяженность магистральных российских трубопроводов составляет 217 000 км, в том числе 151 000 км газопроводов [38]. Основным трубопроводам, находящимся в эксплуатации сегодня, не менее 30 лет, а многим из них 40 лет. Это означает, что через 15-20 лет они могут исчерпать свою техническую надежность, что, вероятно, указывает на серьезную проблему, связанную с надежностью поставок.

Информационное агентство «РИА НОВОСТИ» сообщает, что с 2020 по 2022 год в России было зафиксировано 47 аварий на магистральных газопроводах, что составляет 15 аварий в год [38].

Выбранная тема исследования заключается в том, что трубопровод для транспортировки газа представляет повышенную опасность возникновения аварий, приводящих к утечкам газа, взрыву и пожару, травмам и даже смерти, материальному ущербу и материальному ущербу, среда, которая должна быть локализована в короткие сроки» [38].

Следует учесть, что аварийная ситуация имеет эффект неожиданности и быть подготовленным в момент пришествия невозможно, поэтому главный

фактор, который направлен против быстрого и качественного восстановления газопровода после взрыва - это время [38].

Недостатком базовых технологий является:

- Сильно затяжной процесс ремонта;
- Базовые технологии рассчитаны на исправление небольших дефектов;
- Высокие требования к квалификации сварщика;
- Технологии не обеспечивают экономическую и максимальную производительность сварки, необходимой для требований надежности конструкции [39].

Цель дипломной работы: Подобрать оптимальную технологию и способ ремонта для магистрального трубопровода после взрыва.

Задачи:

- Ознакомиться с МГП на примере газовой магистрали подземного типа расположения «Ухта - Торжок» и «Ухта - Торжок 2».
- Выявить распространенные дефекты, вызванные взрывом МГП;
- Описать все виды ремонта МГП;
- Сделать выводы о проделанной работе и написать заключение.
- Подобрать оптимальную технологию и способ ремонта для магистрального трубопровода после взрыва;
- Выбор оборудования для ремонта трубопровода после взрыва.
- Произвести расчет выбранного способа ремонта для МГП.

1 Современное состояние вопроса по ремонту магистрального трубопровода после взрыва

1.1 Характеристика и описание МГП

«Трубопроводный транспорт - вид транспорта, осуществляющий передачу на расстояние жидких, газообразных, твердых продуктов по трубопроводам. Трубопроводный транспорт предназначен главным образом для транспортировки газа (газопровод) и нефти (нефтепровод). Доставку твердых материалов по трубопроводам осуществляет гидравлический транспорт и пневматический транспорт [36]. В зависимости от назначения и территориального расположения различают магистральный и промышленный трубопроводный транспорт.

К магистральному трубопроводному транспорту относятся газопроводы и нефтепроводы, по которым обычно транспортируют продукты от мест добычи к местам переработки и потребления - на заводы или в морские порты для перегрузки в танкеры для дальнейшей перевозки. По магистральным продуктопроводам перемещают готовые нефтепродукты с заводов в районы потребления [36]. Трубопроводный транспорт используют для транспортировки грузов, поддающихся передаче по трубам, в пределах производственного предприятия для продолжения технологического процесса (промышленный транспорт).

К трубопроводному транспорту относятся нефтебазовые, внутрипромысловые нефтепроводы, газопроводы, продуктопроводы, городские газоразводящие, водопроводные и канализационные сети Трубопроводный транспорт является экономически выгодным видом транспорта, ему присущи универсальность, отсутствие потерь грузов в процессе транспортировки при полной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных работ» [36].

«В результате снижается себестоимость транспортировки; для жидких грузов она существенно ниже по сравнению с перевозкой по железным дорогам. Развитие магистрального трубопроводного транспорта связано с увеличением диаметра труб, с повышением давления газа и нефти в трубах, с применением более мощных компрессорных агрегатов.

Газопровод магистральный, сооружение для транспортировки горючих газов от места добычи или производства к пунктам потребления [36]. Различают подземные, надземные (на опорах), в насыпи. Давление газа в магистральном газопроводе поддерживается газокomppressorными станциями. В конечных пунктах магистрального газопровода сооружаются газораспределительные станции. Максимальный диаметр труб магистрального газопровода 1420 мм» [36].

Для решения поставленной цели дипломной работы была взята для рассмотрения газовая магистраль подземного типа расположения «Ухта-Торжок» и «Ухта-Торжок 2».

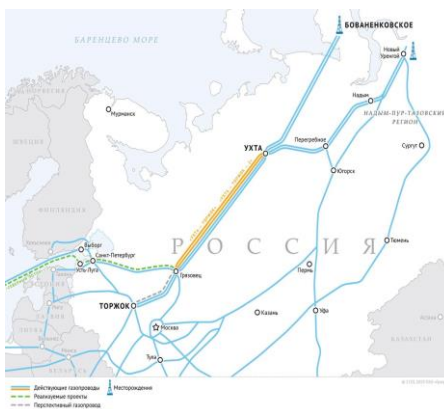


Рисунок 1 - Географическое расположение МГП на участке Ухта-Грязовец

«Магистральные газопроводы «Ухта-Торжок (1 очередь)» и «Ухта-Торжок, II нитка (Ямал)» имеют ключевое значение для развития Единой системы газоснабжения России в коридоре от полуострова Ямал до побережья Финского залива. Их основное предназначение - доставка дополнительных объемов газа на Северо-Запад России для газоснабжения и газификации отечественных потребителей, а также поставка газа на экспорт [36].

Строительство газопровода «Ухта-Торжок» началось в 2011 году. Линейная часть и первоочередные компрессорные мощности введены в эксплуатацию в 2012 году, остальные компрессорные мощности в 2013 году.



Рисунок 2 - Строительство газопровода «Ухта-Торжок»

Характеристика МГП «Ухта-Торжок (1 очередь)» и «Ухта-Торжок, II нитка (Ямал)»:

Диаметр труб составлял 1420 мм.;

Толщина стенок 25 мм.;

Давление 100 атмосфер (9,8МПа) [13];

Мощность 45 млрд куб. м газа в год) [13];

Тип прокладки: подземная (на глубину 0,8-0,1 м до верхней образующей трубы) [13]. «Для строительства «Ухта-Торжок» и «Ухта-Торжок 2» была использована труба диаметром 1420 мм из стали марки К65(Х80). Для проекта газопровода «Ухта» впервые в России было принято решение о применении труб из стали класса прочности К65 (Х80) [34]. Повышение прочности стали и рабочего давления трубопровода требует повышения таких качественных показателей, характеризующих эксплуатационную надежность стали, как хладостойкость, низкотемпературная вязкость, свариваемость и др. Анализ показал, что в сравнении с существующими за рубежом трубопроводами из стали класса прочности К65 (Х80) данный проект существенно сложнее с учетом диаметра труб (1420 мм), рабочего давления трубопровода (11,8 МПа) (и

соответственно толщины стенок труб: 23, 27,7 и 33,4 мм) и климатических условий (-40 °С)» [13]. Производство листового проката для изготовления таких труб явилось сложной задачей для металлургов и металлургов. Для получения проката класса прочности К65 также была предпринята попытка развить традиционный подход с использованием низкотемпературной контролируемой прокатки. Были изготовлены промышленные партии толстолистового проката (толщиной 14,3 мм) для газопроводных труб повышенной прочности (категории прочности К65) из стали 08Г2ФБТ)» [13].

«Ухта-Торжок, II нитка (Ямал)» - это знаковый проект не только для регионов, по территории которых проходит трасса газопровода, но и для всей России в целом. Он включает в себя линейную часть газопровода протяженностью 970 километров и семь компрессорных станций: «Сосногорская», «Новосиндорская», «Новомикуньская», «Новоурдомская», «Новоприводинская», «Новонюксеницкая», «Новоюбилейная» [34].

Суммарная мощность вновь вводимых компрессорных станций - 625 МВт. Сооружение газопровода «Ухта-Торжок 2» началось в 2015 году.

13 Февраля 2023г произошла разгерметизация участка газопровода в Волгоградской области - газ воспламенился, однако автоматическое перекрытие клапанов на участке позволило предотвратить более масштабный пожар. Последствия наглядно видно на рисунок 3.



Рисунок 3 - Последствия после взрыва МГП

1.2 Виды дефектов при взрыве МГП

Все дефекты труб МГП можно разделить на следующие классы

Отклонение оси трубы от проектного положения.

- Нарушение формы поперечных сечений труб.
- Дефекты стенки трубы и сварных соединений.

«Под воздействием дефектов на участках средней протяженности МГП происходит в конечном итоге многократная разгерметизация газопровода с воспламенением и последующим взрывом поврежденных участков и протяженным разрушением газопровода. При разрушении (разгерметизации) газопроводов взрывоопасный газ истекает под высоким давлением в атмосферу. При снижении давления в газопроводе срабатывает отсекающая арматура (автоматы закрытия кранов), перекрывающая аварийный участок. Объем поступившего в окружающую среду газа зависит от длины блокируемого автоматами участка и времени срабатывания запорной арматуры. В местах разрушения в грунте образуется воронка [13]. Метан поднимается в атмосферу, а другие газы или их смеси распространяются вдоль приземного слоя. Смешиваясь с атмосферным воздухом, эти газы образуют облако взрывоопасной смеси. Статистика показывает, что около 80 % аварий сопровождаются крупными пожарами и взрывами. Искры возникают в результате взаимодействия частиц газа с металлом и твердыми частицами грунта. Обычное горение может перейти во взрыв за счет самоускорения пламени при его распространении по рельефу и в лесных массивах» [13].



Рисунок 4 - Вид сверху на последствия аварии

Самым распространенным дефектом МГП при взрыве является протяженное разрушение газопровода рисунок 5.



Рисунок 5 - Протяженное разрушение МГП

1.3 Виды ремонта магистральных газопроводов

«Ремонт МГП подразделяется на плановый и внеплановый (аварийный).

Плановый ремонт осуществляется в соответствии с «Положением о планово-предупредительном ремонте линейной части и технологического оборудования МГ». Система ППР - совокупность организационно-технических мероприятий по надзору, техническому обслуживанию и ремонту оборудования, проводимых по заранее составленному плану и способствующих увеличению долговечности его работы, предупреждению аварий, повышению культуры эксплуатации и уровня организации ремонта оборудования. Сущность ее заключается в том, что после отработки каждой единицы оборудования заданного числа часов, независимо от ее технического состояния, проводят определенный вид планируемого обслуживания. Структура ремонтного цикла определяет перечень видов ремонта и последовательность их выполнения в

период между капитальными ремонтами или между вводом в эксплуатацию оборудования и первым капитальным ремонтом. Длительность ремонтного цикла-время между капитальными ремонтами или между вводом в эксплуатацию оборудования и первым капитальным ремонтом [31].

ППР предусматривает следующие виды ремонта:

- Текущий;
- Средний;
- Капитальный.

Текущий ремонт - комплекс ремонтных работ по контролю технического состояния оборудования, выявлению и устранению возникших дефектов, связанных с разборкой лишь отдельных узлов. Текущий ремонт газопровода осуществляют в течении всего года по графику в основном без снижения давления в газопроводе, силами эксплуатационного персонала» [31].

«Средний ремонт - комплекс ремонтных работ, связанных с частичной разборкой оборудования и отдельных его узлов для контроля технического состояния, ремонта и замены износившихся деталей. Его также осуществляют по графику силами службы ЛЭС» [31].

«Капитальный ремонт - наиболее сложный по объему комплекс ремонтных работ, который проводят при достижении предельных величин износа, основных деталей и узлов оборудования, связанных с полной разборкой, ремонтом или заменой износившихся деталей или узлов оборудования, а также конструктивных элементов сооружений. К капитальному ремонту ЛЧ МГ относятся: ремонт и замена изоляции, дефектных участков и запорной арматуры; ремонт водных переходов газопроводов с переукладкой или дополнительным заглублением; ремонт или сооружение береговых укреплений на переходах рек, балок, каналов, оврагов и ручьев с устройством водоотводных каналов; ремонт и сооружение средств электрозащиты газопроводов и т.д.» [31]. Основным видом капитального ремонта МГП является сплошной ремонт, но вследствие больших финансовых затрат на его проведение, в настоящее время приоритетное значение получила стратегия выборочного ремонта. Выборочный ремонт - вид

капитального ремонта, который заключается в том, что ремонтируется только дефектная труба или дефектный участок. Проведение такого ремонта возможно только на основе проведения сплошного диагностического контроля трубопровода [31].

Внеплановый или аварийный ремонт представляет собой работы, связанные с ликвидацией аварий и повреждений газопровода. К внеплановому ремонту относятся: ликвидация аварий, возникших вследствие действий подземной коррозии и из-за разрывов сварных стыков и газопровода по телу трубы; неисправности оборудования и др. [31].

В зависимости от сложности, объема и сроков ремонта эксплуатирующая организация привлекает определенные силы и средства для ликвидации аварий.

В процессе аварийного ремонта особое внимание уделяется соблюдению требований техники безопасности [31].

1.4 Текущий ремонт магистральных газопроводов

«Текущий ремонт заключается в устранении небольших неисправностей и повреждений газопроводов и сооружений, а также в проведении ревизий отдельного оборудования. Все работы по текущему ремонту подразделяются на две группы» [20]:

- профилактический ремонт, выполняемый в процессе эксплуатации и планируемый заранее по объему и времени его выполнения;
- непредвиденный ремонт, выполняемый в срочном порядке [21].

«Непредвиденный текущий ремонт заключается в срочном исправлении повреждений, которые не могут быть заранее обнаружены и устранены при профилактическом ремонте. В соответствии с требованиями ОСТ, при текущем ремонте газопроводов, газового оборудования и внутрицеховых газопроводов выполняются следующие работы [20]:

- все работы по техническому обслуживанию;

- разборка, смазка, перенабивка сальников, проверка хода и плотности закрытия запорных и предохранительных устройств;
- замена изношенных деталей газового оборудования;
- контрольная опрессовка газопроводов и газового оборудования.

Работы по ремонту должны производиться после установки на газопроводе за отключающим устройством заглушки и вентиляции топок и дымоходов. При текущем ремонте арматуры в колодце следует дополнительно выполнять следующие виды работ» [20]:

- ремонт стен колодца, закрепление скоб (лестниц);
- уплотнение футляров газопроводов;
- проверку состояния компенсаторов (при снятых стяжных болтах).

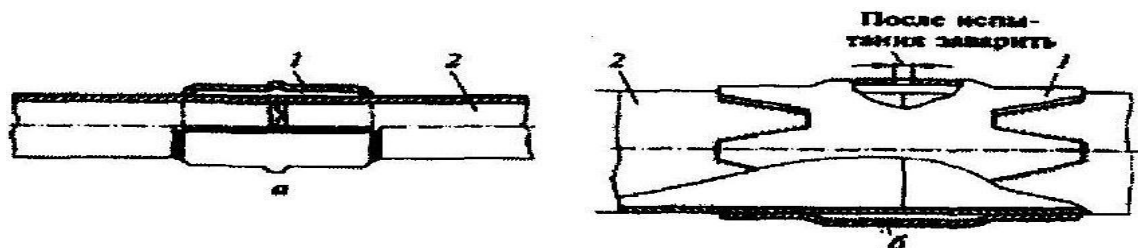
При текущем ремонте крана шарового подземного, установленного без колодца под ковер, выполняются следующие виды работ:

- очистка от грязи крышки коверов, при необходимости - покраска;
- устранение перекосов крышки коверов, оседания коверов;
- ремонт отмоксти коверов (при необходимости);
- откачка воды из коверов, удаление грязи;
- проверка защитного покрытия штока крана, при необходимости - восстановление;
- проверка уплотнительного кольца крышки штока крана, при необходимости
- замена [21].

«Одним из наиболее распространенных повреждений является разрыв стыков газопроводов, который ликвидируют путем сварки катушки длиной не менее 200 мм или наваркой усилительных муфт [21]. Если работы ведут на газопроводах высокого и среднего давлений, то можно временно установить ремонтные муфты (рисунок ниже). Для этого на стык монтируют металлический бандаж, надевают разъемную муфту и приваривают. Плотность приваренной муфты проверяют опрессовкой воздухом через пробку, которую затем заваривают. Такие муфты применяют и в тех случаях, когда на стыках имеются

сквозные отверстия. Во всех случаях категорически запрещается подварка стыков» [21].

Ремонтные муфты



а - с гофрой; б - лепестковая; 1 - муфта; 2 - газопровод.

Рисунок 6 - Ремонтные муфты

«На стыки с трещинами должны навариваться лепестковые муфты, а на стыки с такими дефектами, как шлаковые включения, непровар, - усилительные лепестковые муфты или муфты с гофрой [20]. Наварку муфт проводят по специальной инструкции. Если на газопроводе появились продольные трещины размеров более 0,8 м, то необходимо сначала отключить подачу газа, а потом вваривать катушки требуемой длины. После этого сварные соединения испытывают на плотность, а отключенный участок газопровода продувают газом» [21].

1.4.1 Капитальный ремонт магистральных газопроводов

«Под капитальным ремонтом понимается комплекс организационно-технических мероприятий, который включает в себя работы, в результате которых не изменяются основные проектные показатели газопровода (проектное рабочее давление, производительность и вид транспортируемого продукта), связанные с восстановлением отдельных частей, узлов, деталей, конструкций, инженерно-технического оборудования или их заменой в связи с физическим износом или разрушением на более долговечные и экономичные, улучшающие их эксплуатационные показатели, а также восстановлением проектных,

технических и эксплуатационных характеристик объектов транспорта газа, а также проектным, экспертным, сопроводительным и надзорным обеспечением этих работ, содержанием площадей отвода земли объектов» [35].

«Капитальный ремонт МГ производится следующими методами:

I метод - ремонт газопровода методом сплошной переизоляции. Может осуществляться в траншее рисунок 7 или с подъемом на берму траншеи рисунок 8;

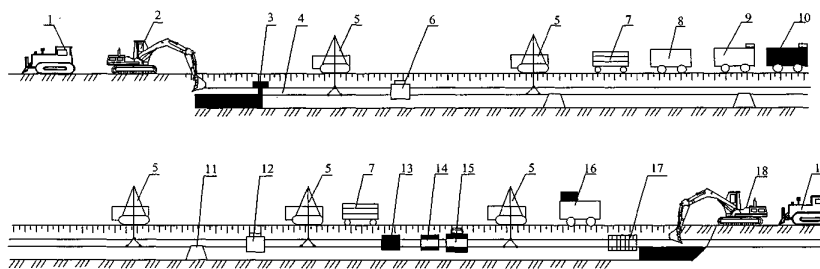
II метод - замена участка газопровода на участок из новых труб с демонтажем старого*;

III метод - выборочный ремонт локальных участков газопровода по данным диагностики.

Ремонт газопровода по I методу осуществляется в следующей технологической последовательности:

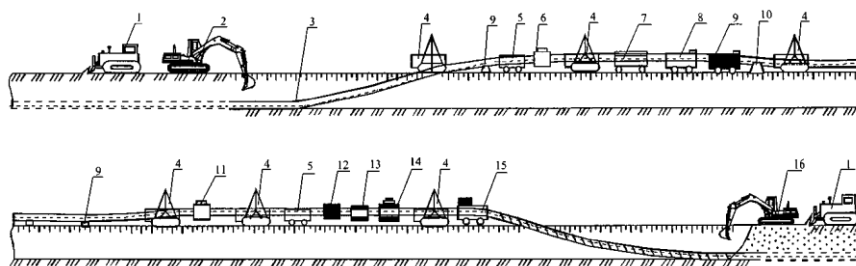
- уточнение оси газопровода;
- снятие плодородного слоя почвы, перемещение его во временный отвал и планировка трассы в зоне действия ремонтно-строительного потока;
- вскрытие газопровода;
- удаление старой изоляции с поверхности участка газопровода;
- отбраковка труб - определение мест расположения, типа и параметров дефектов труб и сварных соединений и при необходимости их ремонт или замена;

* Производится, как правило, с предварительной параллельной прокладкой нового участка» [28].



«1 - бульдозер; 2 -вскрышной экскаватор; 3 - подкапывающая машина; 4 - трубопровод; 5 - трубоукладчик; 6 – машина предварительной очистки; 7 - электростанция; 8 - пост отбраковки труб; 9 - сварочный пост; 10 - лаборатория контроля качества сварных соединений; 11 - инвентарные опоры; 12 - машина окончательной очистки; 13 - оборудование подогрева трубопровода; 14 - грунтовочная машина; 15 - изоляционная машина; 16 -лаборатория контроля качества изоляционного покрытия; 17 - машина для подсыпки и подбивки грунта под трубопровод; 18 - экскаватор засыпки.» [28].

Рисунок 7 - Принципиальная технологическая схема капитального ремонта газопровода в траншее



«1 - бульдозер; 2 - вскрышной экскаватор; 3 - трубопровод; 4 - трубоукладчик; 5 - электростанция; 6 - машина предварительной очистки; 7 - пост отбраковки труб; 8 - сварочный пост; 9 - лаборатория контроля качества сварных соединений; 10 - инвентарные опоры; 11 - машина окончательной очистки; 12 - оборудование подогрева трубопровода; 13 - грунтовочная машина; 14 - изоляционная машина; 15 - лаборатория контроля качества изоляционного покрытия; 16 - экскаватор засыпки.» [28].

Рисунок 8 - Принципиальная технологическая схема капитального ремонта газопровода на берме траншеи

- подготовка поверхности участка газопровода перед нанесением нового изоляционного покрытия;
- нанесение грунтовки;
- нанесение нового изоляционного покрытия;

- укладка газопровода на дно траншеи, балластировка газопровода (при необходимости);
- засыпка отремонтированного газопровода;
- восстановление средств ЭХЗ (КИП, анодные заземления и т.д.) и знаков закрепления трассы;
- техническая рекультивация плодородного слоя почвы.

Технология производства работ по II методу аналогична технологии строительства нового газопровода [28].

Работы при параллельной прокладке участка осуществляются в два этапа:

- на первом этапе прокладывается новый участок газопровода параллельно действующему;
- на втором этапе новый участок подключается к действующему газопроводу.

При этом возможны два варианта подключения:

- при невозможности остановки работы участка действующего газопровода подключение осуществляется с использованием технологии врезки под давлением в действующий газопровод в соответствии с СТО Газпром 2-2.3-116;
- отключается действующий участок газопровода, и после освобождения газа новый участок подключается к действующей системе.

1.4.2 Работы по локализации или ликвидации аварий

«Работы по локализации или ликвидации аварий могут выполняться персоналом газовой службы предприятия, эксплуатирующего объект. Демонтаж и отключение газового оборудования и газопроводов от действующих сетей производится с учетом требований, предъявляемых к проведению газоопасных работ, в установленном нормативными документами порядке» [20].

«7 основных этапов ликвидации аварии:

- обнаружение факта аварии и оповещение дежурных аварийных бригад, дистанционное закрытие линейных кранов;
- сбор дежурной аварийной бригады [38];
- прибытие дежурной аварийной бригады к месту аварии и проведение разведки: обнаружение места аварии, рекогносцировка, уточнение характера аварии, закрытие линейных кранов (при отсутствии дистанционных приводов кранов);
- доставка на место аварии сил и средств для проведения аварийно-восстановительных работ;
- ожидание стравливания газа (или завершения горения газа при аварии с возгоранием);
- проведение аварийно-восстановительных работ» [38];
- ввод газопровода в работу [20].

1.5 Анализ базовой технологии

«Базовые техники делятся на ремонт небольших повреждений на газовой магистрали, при которых не происходит полное отключение газа на рабочих участках и на сильные повреждения, при которых целесообразно полное отключение газа до полного восстановления участка [33].

- Способ по прокладке новой нитки газопровода параллельно действующей аналогична технологии строительства нового трубопровода.
- Способ вырезки демонтируемого участка трубы после вентиляции полости между ГОУ.

ГОУ устанавливаются в сторону места работ по одному или по два. При условии надежного отключения ремонтируемого участка газопровода запорной арматурой и наличия между запорной арматурой и технологическим отверстием свечи дополнительно к ГОУ, установленным в сторону места огневых работ,

допускается устанавливать ГОУ между технологическими отверстиями и запорной арматурой [33].

- Вырезка технологических отверстий и технологического люка (рисунок 9):

последовательная вырезка технологических отверстий (два технологических отверстия под «заплаты») и технологического люка размером 500x600 мм. При установке в сторону места работ по два ГОУ дополнительно вырезаются два отверстия диаметром 25-32 мм для вывода шлангов;

последовательное вскрытие, после остывания резов, технологических отверстий и технологического люка» [25, 33].

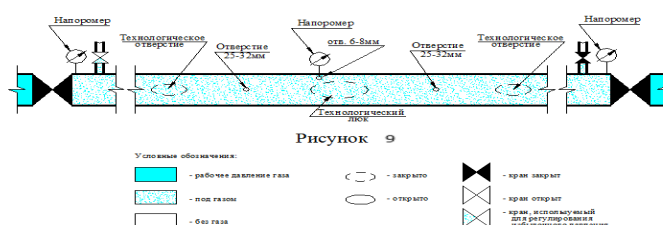


Рисунок 9 - Вырезка технологических отверстий и технологического люка

- Установка ГОУ (рисунок 10):

произвести установку ГОУ 1, 2 через технологические отверстия;

провести вентиляцию участка между ГОУ 1,2 естественным путем или принудительно воздухом, инертным газом. Вентиляцию можно считать завершенной, когда концентрация газа, по показаниям газоанализатора не превышает 20 % от НКПВ [25].

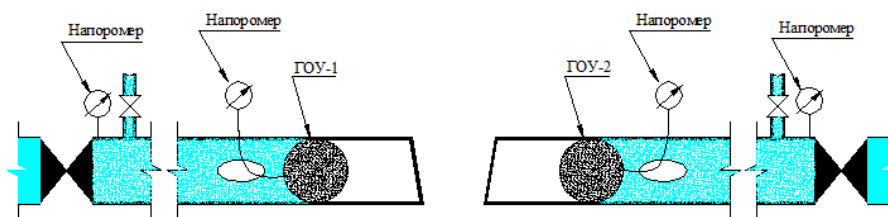


Рисунок 10 - Установка ГОУ

в случае установки в сторону места работ по два ГОУ провести установку второй пары ГОУ 3,4 через технологический люк, с использованием проволоки с наконечником под диаметр шланга, пропущенной через отверстие для вывода шланга. Шланги ГОУ 3,4 выводятся через отверстия.

- Вырезка черновой «катушки» (рисунок 11) [33]:

выполнить черновые резы и демонтировать черновую «катушку» [25].

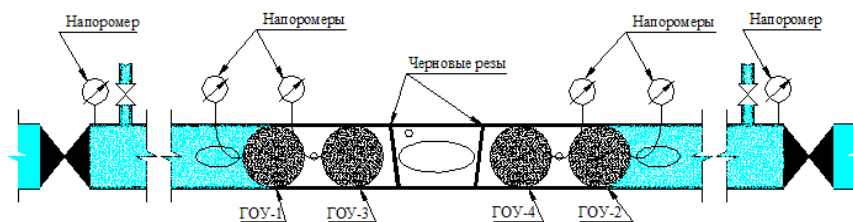


Рисунок 11 - Вырезка черновой «катушки»

- Сварочно-монтажные работы (рисунок 12).

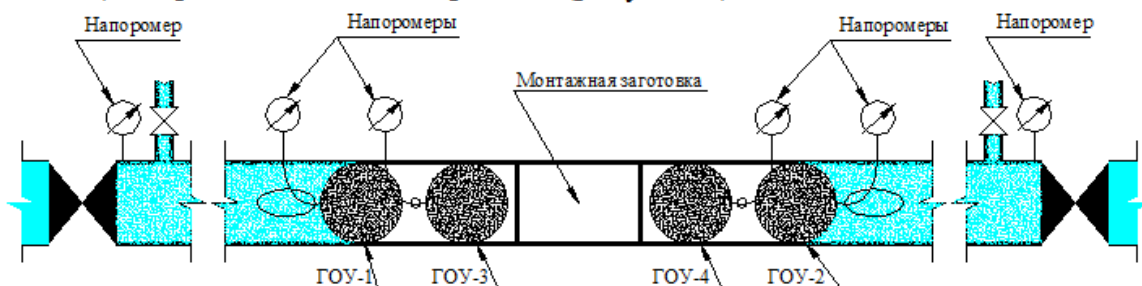


Рисунок 12 - Сварочно-монтажные работы

- Удаление ГОУ:

выпустить воздух из ГОУ в соответствии с требованиями инструкции по их эксплуатации, извлечь ГОУ через технологические отверстия [25].

- Герметизация (заварка) технологических отверстий и отверстий для вывода шлангов в случае установки в сторону места работ по два ГОУ; (рисунок 13) [25], [33].

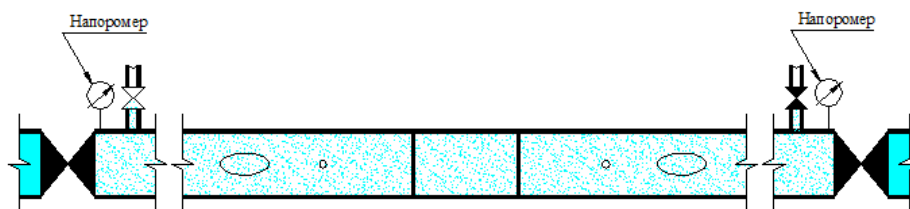


Рисунок 13 - Герметизация (заварка) технологических отверстий и отверстий для вывода шлангов в случае установки в сторону места работ по два ГОУ

- Способ ремонта при помощи муфт:
- Муфты сварные композитные П1

«Муфта сварная композитная П1 состоит из сваренной из двух половин стальной муфты (полукольцо верхнее и полукольцо нижнее) установленной на трубе по центру дефекта с кольцевым зазором от 6 мм. до 40 мм [19]. Большой допуск для кольцевого зазора позволяет ремонтировать трубопроводы с дефектами геометрии поперечного сечения и изгибом продольной оси. Концы кольцевого зазора заполняются быстротвердеющим герметиком. Объем между трубой и муфтой заполняется затвердевающим композитным составом на основе эпоксидного компаунда» [19].

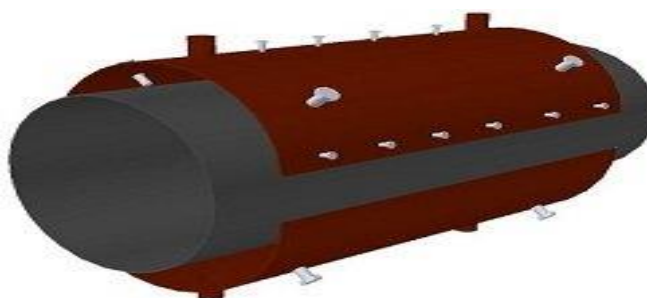


Рисунок 14 - Муфты сварные композитные П1

«Все выше перечисленные способы ремонта рассчитаны для небольших аварийных ситуаций при которых обычно газовую магистраль не перекрывают от газа, но при сильном взрыве дабы избежать сильных последствий аварийный участок сразу отключают от подачи газа.

Следует учесть, что аварийная ситуация имеет эффект неожиданности и быть подготовленным в момент происшествия невозможно, поэтому главный фактор, который направлен против быстрого и качественного восстановления газопровода после взрыва - это время.

Недостатком базовых технологий является:

- Сильно затяжной процесс ремонта;
- Высокие требования к квалификации сварщика;
- Базовые технологии рассчитаны на исправление небольших дефектов;
- Технологии не обеспечивают экономическую и максимальную производительность сварки, необходимой для требований надежности конструкции)» [13].

1.6 Формулировка задач выпускной квалификационной работы

В настоящей выпускной квалификационной работе поставлена цель - подобрать оптимальную технологию и способ ремонта для магистрального трубопровода после взрыва.

Целесообразно для предотвращения сильных последствий после взрыва произвести полное отключение участка магистрали от газа. Поэтому базовые технологии направлены на аварийно восстановительные работы при полном отключении газа на участке, на котором будут производиться ремонтные работы.

При анализе базовой технологии выделены её недостатки:

- Сильно затяжной процесс ремонта;
- Базовые технологии рассчитаны на исправление небольших дефектов;
- Высокие требования к квалификации сварщика;

- Технологии не обеспечивают экономическую и максимальную производительность сварки, необходимой для требований надежности конструкции [13].

На основании проведенного анализа состояния вопроса могут быть сформулированы задачи выпускной квалификационной работы:

- обосновать выбранную технологию и способ ремонта для магистрального трубопровода после взрыва;
- составить проектную технологию ремонта газопровода;
- произвести экологическую экспертизу проекта и предложить меры защиты от опасных и вредных производственных факторов, сопровождающих предлагаемую технологию;
- произвести экономическую экспертизу проекта и доказать эффективность его внедрения.

Выводы по первому разделу

В первом разделе выпускной квалификационной работе были поставлены задачи и для их решения были проанализированы возникающие дефекты на магистральных газопроводах, а также виды ремонтов.

Была определена базовая технология по ремонту МГП после взрыва. Также были проанализированы как плюсы, так и минусы базовой технологии. На выводе базовой технологии и строились обоснованные решения по замене её более современную, которая будет отвечать всем поставленным задачам

2 Проектная технология восстановления магистрального трубопровода при помощи монтажа “катушки” с применением азотной станции

2.1 Использование азотной станции при аварийных работах

Для ремонта магистрального трубопровода, который был поврежден взрывом предлагается использовать азотную компрессорную установку серии ВЭЛТЕКС АГС 940.0. рисунок 15.



Рисунок 15 - АГС-940



Рисунок 16 - Основные технические характеристики АГС-940

В момент когда происходит аварийная ситуация каждая минута на счету поэтому для устранения аварии и скорейшего ввода поврежденного участка в эксплуатацию предлагается использовать АГС-940.

Азотная станция имеет такие преимущества как:

- Азотная станция работает за счет использования природного газа в качестве топлива (метан);
- Азотное пожаротушение эффективно и надежно: Пожар можно ликвидировать в считанные секунды и вне зависимости от удаленности очага возгорания. Очень часто данный способ тушения пожара и предотвращения взрывоопасных процессов является единственно возможным вариантом, поскольку применением для тушения труднодоступных мест;
- Возможно, осуществлять пожаротушение более бережно к оборудованию и дорогостоящей технике отличии от воды и пены;
- Возможность создания инертной атмосферы на участке, на котором проводятся огневые работы;
- Продувка трубопровода азотом перед производством огневых и ремонтных работ на магистральных газопроводах;
- Предварительная очистка газопровода сжатым осушенным воздухом (с температурой точки росы 3°C);
- Осушка азотом МГП в процессе строительства воздухом (с температурой точки росы не выше -50°C) после проведения гидравлических испытаний;
- Возможность произвести ускоренное охлаждения сварочного шва;
- Возможность использовать как компрессор для нагнетания воздуха.

2.2 Подготовка МГП к монтажу “катушки”

Для того чтобы приступить к монтажу “катушки” необходимо подготовить кромки газопровода. После взрыва на МГП часто концы газопровода сильно деформированы, поэтому необходимо произвести вырезки технологических

отверстий и отрез торцов МГП используя воздушно-плазменную резку ДС120П.33.

«Используя аппарат ДС 120П.33 для резки труб диаметром 1420мм применяется труборез ТР-2. Передвижение ТР-2 по трубе осуществляется по специальной цепи. Труборез состоит из самоходной тележки, выполненной в виде шарнирной рамы с валом и двумя зубчатыми шестернями. Вал связан через редуктор с приводным двигателем постоянного тока. Шарнирная рама снабжена опорными колесами и механизмом натяжения цепи. На одной из сторон шарнирной рамы закреплен плазмотрон, который можно передвигать вдоль трубы по направляющим для точного позиционирования. Для подачи плазмообразующего газа может быть задействован компрессор. В качестве плазмообразующего газа чаще всего используют воздух или азот.

Первым делом вырезаются ТО и в них помещаются временное герметизирующее устройство (ВГУ): Резиновый шар или другое устройство, применяемое при проведении огневых работ для временной локализации участка проведения огневых работ ВГУ устанавливаются в газопроводе на расстоянии не менее 8-10 м в обе стороны от места выполнения огневых работ (местом реза) между технологическими отверстиями и местом работы. При невозможности установки ВГУ на расстоянии 8 м от места реза допускается установка на меньшем расстоянии при условии их защиты дополнительными средствами от попадания искр и сварочного графа (асботканью, огнезащитными стенками из асбоцементных щитов и т.п.). Помещенное в газопровод ВГУ накачивается воздухом или инертным газом до давления, установленного изготовителем и обозначенного на ВГУ или в его паспорте. ВГУ должно плотно прилегать к внутренней поверхности трубы.



Рисунок 17 - Вырезка технологических отверстий



Рисунок 18 - Установка ВГУ

«Получить качественное неразъемное соединение можно лишь при условии хорошей подготовки торцов свариваемых труб. Традиционно для этого необходимо произвести следующие операции:

Выполняется правка торца каждого трубного изделия, подвергающегося сварке. В результате такой процедуры конец трубы должен иметь правильную круглую форму и перпендикулярную поверхность относительно продольной оси трубы. После транспортировки возможны деформации различной степени. Такой процесс правки и торцевания производят с использованием разнообразного механического, гидравлического, пневматического оборудования. При сварке труб большого диаметра также производят снятие фаски на торце перед сваркой. Это позволяет получить качественное проплавление и формирование геометрии сварного шва.

Электросварные трубы по ГОСТ 20295-85 должны иметь фаску под углом 30-35 градусов (при толщине стенки более 10мм) с величиной притупления равной 1-3мм. Показатели механических свойств устанавливаются в соответствии с классами прочности, которые регламентированы» [45].

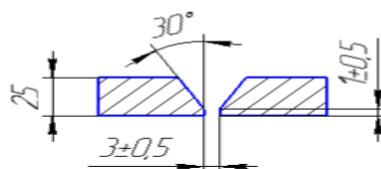


Рисунок 19 - Форма разделки кромок МГП[15]

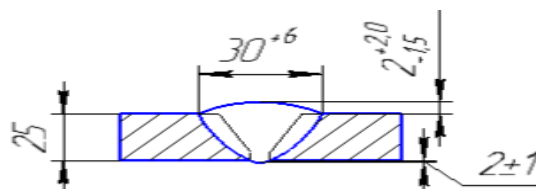


Рисунок 20 - Геометрия шва электросварных труб по ГОСТ 16037-80 (тип соединения С17) [13]

Геометрия шва и разделка кромок выбирается согласно ГОСТ 16037-80 [6] (таблица 1) [19].

Таблица 1- Конструктивные элементы сварного соединения по ГОСТ 16037-80

Условно обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы		b		c		e		G	
	Подготовка кромок сварных деталей	Шва сварного соединения	Номин мм.	Номин мм.	Предел откл. мм.	Предел откл. мм.	Номин мм.	Предел откл. мм.	Номин мм.	Предел откл. мм.
C17			2	+1 -2	1	±1	34	±3	0,5	+2 -0,5

«Произвести зачистку концов труб от ржавчины, масляных и других видов загрязнений. Получить сварочный стык с высокими механическими и прочностными характеристиками можно лишь при сварке подготовленных чистых поверхностей свариваемого металла. Метод очистки в каждом конкретном случае нужно подбирать с учетом вида загрязнения. Для удаления органических и маслянистых загрязнений применяют специальные обезжиривающие составы. С помощью стальных щеток либо абразивных кругов удаляют ржавчину и коррозионно-стойкие покрытия, изоляцию в случае их наличия.» [45]

В дальнейшем после подготовительных работ по обработки кромок необходимо продуть и очистить от мусора МГП при помощи газовой станции ВЭЛТЕКС АГС 940.0

2.3 Оценка свариваемости

«Для приготовления газопроводов, работающих от минусовых температур до плюсовых градусов, применяется низколегированная конструкционная сталь 08Г2ФБТ. Сталь 08Г2ФБТ владеет гарантированными механическими чертами и химическим составом, высочайшей сопротивляемостью непрочному разрушению при минусовых температурах и высокой коррозионной стойкости. Сталь 08Г2ФБТ применяется для изготовления горячедеформированных труб повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости для газопроводов; данные трубы отличаются повышенной стабильностью механических характеристик, низкой температурой вязко-хрупкого периода, повышенной стойкостью к коррозии, стойкостью к сульфидному коррозионному растрескиванию и образованию водородных трещин» [29].

Таблица 2 - Химические свойства стали 08Г2ФБТ

С	S	P	Mn	Cr	Si	Ni	Cu	Al	V	Mo	Ti
До 0.06	До 0.03	До 0.03	1.4- 1.7	До 0.25	0.1- 0.3	До 0.25	До 0.4	0.01- 0.03	0.05- 0.1	До 0.01	До 0.03

Количественный показатель свариваемости стали является определение эквивалентного содержания углерода, в данном известном химическом составе. Для определения эквивалента полного углерода, воспользуемся методикой

нахождения эквивалента полного углерода, чтобы определить подогрев необходимо [15]:

$$\Sigma C_{\text{э}} = C_{\text{э}} + C_{\text{р}} \quad (1)$$

«Где $C_{\text{э}}$ – эквивалент углерода химический, $C_{\text{р}}$ – эквивалент углерода размерный. Количественный показатель свариваемости стали является определение эквивалентного содержания углерода, в данном известном химическом составе, которое вычисляется по формуле» [13]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{5} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (2)$$

$$C_{\text{э}} = 0,06 + \frac{1,55}{6} + \frac{0,25}{5} + \frac{0,25}{15} + \frac{0,4}{13} + \frac{0,03}{2} = 0,41\%$$

где Ni, C, P, Cu, Cr, Mn – это процентное содержание металла шва в легирующих элементов.

Нахождение размерного эквивалента углерода [13]:

$$C_{\text{р}} = 0,005 * \delta * C_{\text{э}} \quad (3)$$

где δ – толщина стали свариваемой, мм [13].

Вычисляем эквивалент полного углерода:

$$C_{\text{р}} = 0,005 * 25 * 0,41 = 0,051\%,$$

«Эквивалент полного углерода $C_{\text{э}} \geq 0,45\%$, то можно сказать, что требуется предварительный подогрев» [13].

2.4 Выбор технологии сварки

«С использованием сварки (ручной дуговой) производится огромное количество сварных работ при сварочном производстве сварных сооружений. Значительное применение в среде сварки - это сварка ручная дуговая покрытыми

электродами. На рисунке 21 показан процесс ручной дуговой сварки, покрытым металлическим электродом. Дуга горит между основным металлом 1 и стержнем 5. Основной металл и электрод расплавляются под действием теплоты дуги и образуют сварочную ванну 2. С электродного стержня капельки жидкого металла 6 переходят в ванну минуя дуговой промежуток» [13].

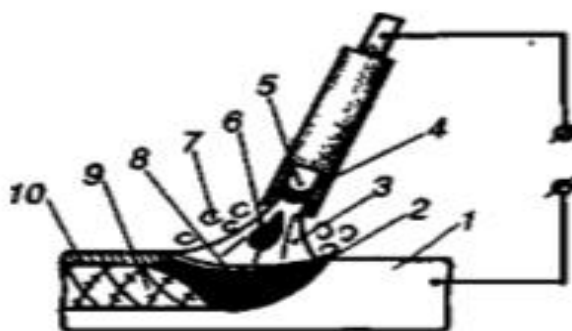
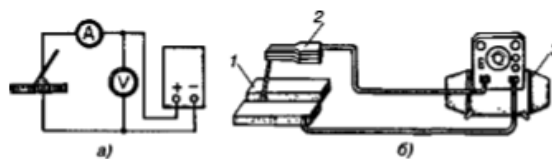


Рисунок 21 - Схематическое изображение процесса сварки покрытыми электродами (ручная дуговая)

«Вместе со стержнем металлическим расплавляется и электродное покрытие 4, создавая газовую защиту 7 и шлаковую жидкую пленку 8 на наружности расплавленного металла. Направленное движение газового потока содействуется тем, что в его конце создаётся втулка коническая из покрытия и значительный отрезок теплоты отводится на торце стержня электрода металлического. Защита сварочной ванны при таком раскладе улучшается. Сварной шов 9 образуется тогда, когда сварочная ванна затвердевает и охлаждается по мере передвижения дуги. Также жидкий шлак затвердевает и создаёт на поверхности сварного шва шлаковую твердую корку 10, которую удаляют после сварки» [13]. «При таком способе, от взаимодействия с воздухом прodelывается газшлаковая защита самого расплавленного металла. Кроме этого, из-за шлаков производится нужную металлургическую обработку (чистку) металла в ванне. Для исполнения функций обработки и защиты расплавленного металла покрытия электрода при расплавлении должен создавать газы и шлаки с определенными химико-физическими свойствами.

Следовательно, для того чтобы обеспечить заданный состав и свойства шва необходимо применять электроды с подобным видом покрытий для выполнения соединений на разнообразных металлах для процесса сварки. Электроды должны соответствовать к ряду специальных требований. При процессе сварки покрытыми электродами переход электрода по линии сварки и подача электрода осуществляются вручную в зоне дуги по соответствию его плавления. В таком случае возникают частые перемены длины дуги, поэтому отражается на стабильность основных свойств режима: сила сварочного тока и напряжения дуги. С целью и задачей поддержания наиболее стабильного (неизменного) режима теплового в ванне при ручной сварке (дуговой) используют источники питания с характеристикой крутопадающим вольтамперным. Схематическое изображение питания дуги показана на рисунке 22 при дуговой ручной сварке» [13].



а – электрическая цепь (сварочная), б – компоновка поста сварочного.

1 – деталь; 2 – держатель, 3 – источник питания дуги

Рисунок 22 - Схематическое изображение поста сварки ручной дуговой покрытыми электродами [13]

«Помимо источника питания сварочной дуги наиважнейшим инструментом сварщика является электрододержатель при ручной дуговой сварке покрытым электродом, предназначен для закрепления электрода, возможность манипулирования электродом в процесс сварки и для подвода к электрододержателю сварочного тока. Есть несколько способов закрепления электрододержателя, разделяют его на пружинные, вилочные, зажимные. Целесообразная область использования ручной дуговой сварки электродами

(покрытыми) - это изготовление металлических конструкций с толщиной впритык соединяемых элементов больше 2-х мм при короткой протяженности швов, находящихся в разных пространственных положениях и труднодоступных местах. Достоинства: - Допустимость сварки во всех пространственных обстановках, положениях и труднодоступных местах; - Большое количество свариваемых материалов; - Крупный спектр толщин (от 2-х мм и больше). Недостатки: - Производительность очень низкая; - По исполнению техники этот способ самый сложный; - Много факторов качества. Были и попытки автоматизации сварки покрытыми электродами, но попытки были не удачными. Из-за малого допустимого значения плотности тока производительность невысокая. Чтобы увеличить производительность применяют сварку погружённой гребёнкой, пучком, дугой электродов или используют электроды с порошком железным в покрытии» [13].

2.5 Выбор и разработка оборудования и оснастки

«Покрытие электрода является основного вида и обладает низкое содержание водорода. Его разработали именно для одностороннего процесса сварки труб и других отечественных конструкций из низколегированных, малоуглеродистых сталей. В отличие от других имеет большую глубину проплавления и дает ровный плоский шов, который можно удалить шлак с легкостью. Обнадеживает высоким качеством процесса сварки с корневым проходом, который формирует обратный валик. Благодаря хорошей сбалансированной шлаковой системой, дает отличное горение дуги, позволяя легко провести сварку в любых направлениях. Описание: значения электрода является процесс сварки и ремонт корневого слоя шва металла, а именно стыков труб из стали, который имеют норму предела прочности до 588 МПа (API X 70)» [13]. «Возможно применение для ремонта и сварки облицовочного и

заполняющих слоев шва между стыками труб из сталей, которые имеют норму прочности включая до 529 МПа (API X 60) УОНИ 13/55 - это процесс сварки наиболее ответственных конструкций, в составе которого бывают углеродистые и низколегированные стали. Почему наиболее ответственных, то потому что, когда к шву металлу предъявляют повышенные требования по ударной вязкости и пластичности. Сварку выполняют во всех направлениях и положениях шва, с постоянным током обратной полярности. Надежно получают шов металла с высокой стойкостью, чтобы не образовались кристаллизационные трещины и низкое содержание водорода» [13]. «Сварку проводят именно по короткой длине дуги на очищенных кромках. Кроме преимуществ, с отрицательных сторон можно сказать, что электроды марки УОНИ-13/55 необходимо вести сварку только постоянным током с обратной полярности. Еще можно добавить про ржавчину на кромках, если влага попадает на покрытие, то снижается свойство стойкости от образования в шве металла пор» [13].

Таблица 3 - Химический состав наплавленного металла, % [13]

Марка	C	Mn	Si	S	P
УОНИ-13/55	0,10	0,7	0,25-0,35	0,03-0,04	0,035
LB-52U	0,06	1,02	0,51	0,006	0,011
OK 53.70	0,06	1,1	0,4	0,015	0,015

Таблица 4 - Механические свойства наплавленного металла

Марка	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
УОНИ-13/55	350	500	25-28	70-75
LB-52U	446	540	34	71
OK 53.70	440	530	30	70

Таблица 5 - Прокалка электродов перед сваркой

Марка	Температура прокалки, °С	Время прокалки, ч
УОНИ-13/55	350-400	1-2
LB-52U	300-350	0,5-1
ОК 53.70	300	1

«По сравнительной характеристике электродов можно сказать, что электроды ОК 53.70 и LB 52U имеют лучшие механические и химические свойства, обладают меньшей время прокалки и температуру, чем электроды УОНИ-13/55 [16]. Кроме этого, электроды можно применять для сварки процесса, как на постоянном, так и на переменном токе. Следовательно, что для нашего условия выберем электрод типа LB 52U для процесса сварки шва корневого слоя, а электрод типа ОК 53.70 для процесса сварки облицовочного и заполняющего слоев шва» [13].

«Чтобы реализовать современную технологию сварки магистрального газопровода и обеспечить качества сварного соединения, необходимо, что источники тока сварочного должны соблюдаться по следующим требованиями:

- гарантия возможности применение ручного дугового процесса сварки электродами с разными типами покрытия, которые применяются в трубопроводном отрасли строительства;

- стабильная работа источника рабочих токов во всех интервалах при процессе ручной дуговой сварки, включая минимальных значений, начиная с 40А;

- возможность изменения внешней вольтамперной характеристики и регулирование тока короткой замыкании от зависимости вида покрытия электродов при процессе сварки разных слоев шва, в том числе при любых направлениях;

– высоких динамических свойств, которые обеспечивают время перевода режима короткого замыкания до рабочего режима не больше одной сотой секунды;

– наличие дистанционных малогабаритных регуляторов, другими словами компактность сварочного тока, для того, чтобы было удобно применять оборудование сварщику и обеспечивать возможность изменения режима тока, не останавливая процесс сварки;

– высокоэффективное изменение режима сварочного тока путем управления дистанционного пульта (автономность) на расстоянии подключения с помощью кабеля до 40 метров;

– применения источника тока в самоходных и передвижных оборудованных при пониженном режиме автономной линией электрической сети изменяющегося тока, которого относят к сети ограниченной мощности значения;

– иметь минимальный период колебаний установленных величин сварочного тока, а также напряжения взаимно действующего влияния постов (не больше 10 % от принимаемых величин) при применении источника тока для компактности многопостовых систем питания источника сварочного тока в передвижных и самоходных агрегатах;

– способность использования источников в интервалах температур значения, которого от минуса 40°C до плюс 40°C;

– нормируемое значение сварочного тока при ПВ = 60% должен быть не меньше 250 А» [13].

«С учетом того, что источник питания сварочного тока может применяться как автономно, так и стационарно. К ним требуются дополнительные факторы по стойкости от воздействия механических, внешних и климатических факторов» [13]:

– степень защиты IP23 согласно по нормативно – техническому документу ГОСТ 14254-96;

– относительная влажность окружающей среды 80 % при $t = 20^{\circ}\text{C}$;

– стойкость от воздействия механических факторов, влияющие внешней средой - группа М18 по ГОСТ 17516.1-90.

«Сварочный выпрямитель - это сварочный аппарат, который состоит из силового трансформатора и выпрямительного блока, который преобразует переменный сварочный ток в постоянный ток. Сварочные выпрямители предназначены для дуговой сварки разнообразных металлов и их сплавов (кроме алюминия и его сплавов) на постоянном токе любой полярности, штучными электродами различных видов, а также в среде защитных газов. Выпрямителями выполняется сварка, в том числе, и нержавеющей сталей. Для ручной дуговой сварки покрытыми электродами выбираем многопостовой сварочный выпрямитель ВДМ-1200» [13].

Многопостовые сварочные выпрямители (2-9 постов) используются на крупных производствах и предназначены для централизованного обеспечения сварочным током одновременно нескольких рабочих мест (постов) сварщиков.

«Применение многопостовых сварочных выпрямителей позволяет существенно снизить капиталовложения и эксплуатационные расходы в расчете на один сварочный пост. Многопостовые сварочные выпрямители изготавливаются двух видов: с автономным (безреостатным) регулированием сварочного тока поста и с регулированием сварочного тока непосредственно на рабочем месте, удаленном от центрального источника, с помощью балластного реостата. Выпрямители, выполненные на напряжение питающей сети 380 В, 50 Гц могут обеспечивать непрерывную нагрузку (до 100%) на своем номинальном токе» [13].

«Могут работать параллельно, что позволяет создавать многопостовые системы с подключением сварочных постов через распределительные шины. Регулирование значения сварочного тока осуществляется балластным реостатом непосредственно на рабочем месте [13].

Основные технические характеристики выпрямителя ВДМ-1200 представлены в таблице 6» [13].

Таблица 6 -Техническая характеристики выпрямителя ВДМ-1200 [13]

Параметр	ВДМ-1200
Климатическое исполнение, категория размещения	У3, Т3
Напряжение питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц[17].	50
Номинальный сварочный ток, А	1250
ПВ, %	100
Номинальное рабочее напряжение, В	65
Напряжение холостого хода, В	75
КПД, %	не менее 93
Габаритные размеры, мм	850×700×900
Масса, кг	350

«Сварочный выпрямитель имеет следующие преимущества» [13]:

- возможность регулирования сварочного тока балластным реостатом непосредственно на рабочем месте, удаленном от центрального источника;
- выпрямитель обеспечивают непрерывную нагрузку (100 %) на своем номинальном токе [13].

2.6 Расчет параметров режима сварки

«Режим сварки - это совокупность дополнительных и основных характеристик процесса самой сварки, которая обеспечивает обречение конкретных сварных швов, а именно заданных форм, размеров и качества [29].

Параметры режима сварки - это сила тока сварочного, диаметр электрода, напряжение дуги, число проходов, полярность и род тока, площадь сечения

металла шва, которая выполнена за 1 проход. Эти параметры относятся к ручной дуговой сварке, покрытые электродами» [13].

«Расчеты режимов сварки производится согласно методике, изложенной в [28]. Для того, чтобы определить число проходов необходимо найти общую площадь сечения (поперечного) наплавленного металла. Чтобы рассчитать площадь наплавки, для этого придется найти сумму всех площадей геометрических фигур» [13]:

$$F_H = h^2 * tga + b * S + 0,75 * g * e \quad (4)$$

где a , b , e , g , S – геометрические размеры конструктивного сварного соединения.

Площадь всей поперечного сечения, расплавленного и наплавленного металлов, рассчитывается по формуле [13]:

$$F_H = 24^2 * tg30 + 2 * 25 + 0,75 * 2 * 34 = 434 \text{ мм}^2,$$

$$F = 0,73 * e * (S + g) \quad (5)$$

А площадь, проплавленного металла, поперечного сечения вычисляем по формуле:

$$F_{\text{ПР}} = F - F_H = 670 - 434 = 236 \text{ мм}^2 \quad (6)$$

«Первый проход выполняется электродом, который имеет диаметр 3 мм; а все последующие проходы выполняются электродами, которые имеют диаметр 4 мм» [13].

«При процессе сварки стыковых соединений швов площадь поперечного сечения металла, наплавленного за 1 проход, должна быть равной не более 30 мм², а для последующих проходов площадь должна быть равна не более 40 мм². Стыковые соединения должны обеспечиваться оптимальными условиями для формирования» [13].

Для определения первого прохода, используем формулу [13]:

$$F_1 = (6 \dots 8) * d_3 \quad (7)$$

$$F_1 = 7 * 3 = 21 \text{ мм}^2.$$

А затем рассчитываем для последующих проходов:

$$F_n = (8 \dots 12) * d_э \quad (8)$$

$$F_n = 10 * 4 = 40 \text{ мм}^2.$$

Число проходов вычисляется по формуле:

$$n = \frac{F_H - F_1}{F_n} + 1 \quad (9)$$

$$n = \frac{434 - 21}{40} + 1 = 10,3$$

Округляем в сторону большей и выбираем число проходов, равной 11.

Расчёт силы сварочного тока при сварке покрытыми электродами производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока:

$$I_{св} = \frac{\pi * d_э^2}{4} * j, \quad (10)$$

где $d_э$ - диаметр электродного стержня, мм; j - допускаемая плотность тока, А/мм².

Для электродов диаметра 3 мм:

$$I_{св} = \frac{3,14 * 3^2}{4} * (13 \dots 18,5) = 92 \dots 130 \text{ А},$$

Принимаем $I_{св} = 110 \text{ А}$ [16].

Для электродов диаметра 4 мм:

$$I_{св} = \frac{3,14 * 4^2}{4} * (10 \dots 14,5) = 126 \dots 182 \text{ А},$$

Принимаем $I_{св} = 160 \text{ А}$ [16].

Для приближённого расчёта напряжения на дуге воспользуемся выражением:

$$U_{\partial} = 20 + 0,04 * I_{CB}. \quad (11)$$

Для электродов диаметра 3 мм:

$$U_{\partial} = 20 + 0,04 * 110 = 24,4 \text{ В},$$

Принимаем $U_{\partial} = 25 \text{ В}$.

Для электродов диаметра 4 мм:

$$U_{\partial} = 20 + 0,04 * 160 = 26,4 \text{ В},$$

Принимаем $U_{\partial} = 27 \text{ В}$.

Скорость дуговой сварки покрытыми электродами обычно задается и контролируется косвенно по необходимым размерам получаемого шва и может быть определена по формуле:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_n * I_{CB}}{3600 * \gamma * F_n}, \quad (12)$$

где α_n - коэффициент наплавки, г/А·ч, для электродов LB52U - 3.2мм (9 г/А·ч), а для электродов ОК 53.70 - 4мм (11 г/А·ч); F_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за данный проход, см²[29].

γ - плотность наплавленного металла за данный проход, г/см³ (для стали $\gamma=7,8$ г/см³). Подставляем значения в формулу (12) и получаем [13]:

Для электродов диаметра 3 мм:

$$V_{CB} = \frac{9 * 110}{3600 * 7,8 * 21 * 10^{-2}} = 0,15 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 5,4 \frac{\text{м}}{\text{ч}};$$

Для электродов диаметра 4 мм:

$$V_{CB} = \frac{11 * 160}{3600 * 7,8 * 40 * 10^{-2}} = 0,16 \frac{\text{см}}{\text{с}} = 5,76 \frac{\text{м}}{\text{ч}}.$$

Значение погонной энергии определяет количество энергии, вводимое в единицу длины шва (Дж·с/см) [13].

$$q_n = \frac{q_{эф}}{V_{св}} = \frac{I_{св} * U_d * \eta_u}{V_{св}}, \quad (13)$$

где $q_{эф}$ - эффективная тепловая мощность сварочной дуги, Дж;

$I_{св}$ - ток сварочной дуги, А;

U_d - напряжений на дуге, В;

η_u - эффективный КПД нагрева изделия дугой, для дуговых методов сварки находится в пределах 0,6...0,9; покрытыми электродами на постоянном токе 0,75...0,85;

$V_{св}$ - скорость перемещения сварочной дуги, см/с.

Подставляем значения в формулу (13) и получаем [13]:

Для электродов диаметра 3 мм:

$$q_n = \frac{110 * 25 * 0,8}{0,22} = 10000 \text{ Дж/см};$$

Для электродов диаметра 4 мм:

$$q_n = \frac{160 * 27 * 0,8}{0,17} = 20329 \text{ Дж/см}.$$

Определение глубины проплавления. Максимальную температуру на расстоянии r рассчитывают по формуле]:

$$T_{max} = \frac{2 * q}{\pi * V * c * \rho * r_0^2}, \quad (14)$$

где q - эффективная тепловая мощность источника, Вт;

V - скорость сварки, см/с; $c \cdot \rho = 4,9$ Дж/см³·град - объемная теплоемкость;

r_0 - расстояние до изотермы плавления $T_{пл}$ [13].

Отсюда расстояние r до изотермы $T_{пл}$ для электродов диаметра 3 мм:

$$r = 0,005588\sqrt{q_n} = 0,005588 * \sqrt{11579} = 0,6 \text{ см.} \quad (15)$$

Для электродов диаметра 4 мм:

$$r = 0,005588 * \sqrt{21600} = 0,821 \text{ см.}$$

При ручной дуговой сварке глубина провара для электродов диаметра 3мм [16]:

$$H_{\text{пр}} = (0,5 - 0,7) * r = (0,5 - 0,7) * 0,6 = 0,3 - 0,35 \text{ см,}$$

применяем глубину провара равной 0,3 см.

Для электродов диаметром 4 мм [16]:

$$H_{\text{пр}} = (0,5 - 0,7) * r = (0,5 - 0,7) * 0,821 = 0,41 - 0,58 \text{ см,}$$

применяем глубину провара равной 0,5 см [13].

2.7 Прогнозирование химического состава и свойств сварного шва

Степень легирования металла шва, с некоторой погрешностью, может быть установлена сопоставлением химического состава основного металла и металла наплавленного валика, определяемого по формуле:

$$R_{\text{ш}} = R_0 * \gamma + (1 - \gamma) * R_э \pm \Delta R, \quad (16)$$

где $R_{\text{ш}}$ - содержание рассчитываемого элемента, %;

R_0 - содержание того же элемента в основном металле, %;

$\pm \Delta R$ - переход данного элемента из покрытия или флюсов в шов или его выгорание; $(1 - \gamma)$ - доля участия электродного металла в металле шва, %;

$R_{э}$ - содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленным данной маркой электродов или сварочной проволоки, %;

γ - доля участия основного металла в металле шва.

Определяем долю участия основного металла в металле шва по следующей формуле:

$$\gamma = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}} = \frac{236}{236 + 434} = 0,35 \quad (17)$$

Определяем химический состав для сварки, покрытые электродами:

$$[C]: R_{\text{ш}} = 0,06 * 0,35 + (1 - 0,35) * 0,06 = 0,09 \text{ \%};$$

$$[Si]: R_{\text{ш}} = 0,2 * 0,35 + (1 - 0,35) * 0,51 = 0,43 \text{ \%};$$

$$[S]: R_{\text{ш}} = 0,03 * 0,35 + (1 - 0,35) * 0,006 = 0,009 \text{ \%};$$

$$[Cr]: R_{\text{ш}} = 0,25 * 0,35 = 0,21 \text{ \%};$$

$$[Ni]: R_{\text{ш}} = 0,25 * 0,35 = 0,21 \text{ \%};$$

$$[P]: R_{\text{ш}} = 0,03 * 0,35 + (1 - 0,35) * 0,011 = 0,012 \text{ \%};$$

$$[Mn]: R_{\text{ш}} = 1,55 * 0,35 + (1 - 0,35) * 1,06 = 0,84 \text{ \%};$$

$$[Cu]: R_{\text{ш}} = 0,4 * 0,35 = 0,14 \text{ \%};$$

«Экспериментальное определение механических характеристик металла швов позволило установить коэффициенты влияния каждого химического элемента и составить эмпирическое выражение для расчёта ожидаемых механических характеристик металла шва низколегированных сталей. Рассчитаем ожидаемые механические характеристики металла шва для сварки, покрытые электродами» [13].

Предел прочности:

$$\sigma_{\text{вш}} = 4,8 + 50C + 25,2Mn + 17,5Si + 23,9Cr + 7,7Ni + 8W + 70Ti + 17,6Cu + 29Al + 16,8Mo; \quad (18)$$

Относительное удлинение шва:

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8C + 15Mn + 49Si + 5,8Cr + 2,4Ni + 2,2W + 6,6Ti + 6,2Cu) + 17,1Al + 2,7Mo \quad (19)$$

$$\delta_{\text{ш}} = 50,4 - (21,8 * 0,09 + 15 * 0,84 + 49 * 0,43 + 5,8 * 0,21 + 2,4 * 0,09 + 6,2 * 0,09) = 13\%$$

Ударная вязкость шва при T=293K: $KCU_{\text{ш}} = 23,3 - (25,7C + 6,4Mn + 8,4Si + 2,4Cr + 1,6Ni + 0,5W + 15,4Ti + 4Cu + 2,4Mo + 18Al) \quad (20)$

$$KCU_{\text{ш}} = 23,3 - (25,7 * 0,09 + 6,4 * 0,84 + 8,4 * 0,43 + 2,4 * 0,21 + 1,6 * 0,09 + 4 * 0,09) = 11 \text{ кгс} * \frac{\text{м}^2}{\text{см}}$$

Предел текучести:

$$\sigma_{\text{тш}} = 0,73 * \sigma_{\text{вш}}; \quad (21)$$

Относительное поперечное сужение:

$$\psi_{\text{ш}} = 2,32 * \delta_{\text{ш}} \quad (22)$$

$$\psi_{\text{ш}} = 2,32 * 13 = 30\%.$$

Определим скорость охлаждения металла согласно методике изложенной в [28] при наплавке валика на лист толщиной δ :

$$V_{\text{охл}} = -2\pi * \lambda * \omega * \frac{(T_m - T_0)}{q_n}, \quad (23)$$

где: λ - коэффициент теплопроводности;

g_n - погонная энергия;

T_0 - начальная температура металла, принимаемая 20 °С;

ω - безразмерный критерий процесса охлаждения [30].

$$q_{n \text{ прив}} = K_1 * q_n \quad (24)$$

$$\delta_{\text{прив}} = K_2 * \delta \quad (25)$$

Коэффициент K_1 для стыкового соединения равен 3/2, тогда для первого прохода [16]:

$$q_{n \text{ прив}} = \frac{3}{2} * 10000 = 15000 \text{ Дж/с м}$$

Коэффициент K_2 для стыкового соединения равен 3/2, тогда для первого прохода:

$$\delta_{\text{прив}} = \frac{3}{2} * 5 = 7,5 \text{ мм}$$

Безразмерный критерий зависит также от свойств свариваемого металла и условий сварки, выраженных через безразмерную величину $1/\theta$, определяемую по формуле для первого прохода [16]:

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2q_n}{\pi * \delta^2 * c * p * (T_m - T_0)} = \frac{2 * 15000}{3,14 * 0,75^2 * 4,9 * (500 - 20)} = 7,2 \quad (26)$$

тогда ω , равно $\omega=0,05$.

Подставляем все значения в формулу (33) и получаем для первого прохода:

$$V_{\text{охл}} = -2 * 3,14 * 0,39 * 0,05 * \frac{(500 - 20)}{15000} = 1,9^\circ\text{С/с}.$$

Скорость охлаждения попадает в оптимальный диапазон скоростей охлаждения для данного материала (1...25 °С/с) [13].

Выводы по второму разделу

В данном разделе была подобрана оптимальная технология для ремонта газопровода после взрыва, а именно было принято взять ремонт при помощи катушки которая будет привариваться благодаря ручной дуговой сварки покрытыми электродами. В разделе проанализированы виды электродов и посчитаны оптимальные режимы для их работы. Высчитано сколько нужно проходов и какое количество необходимо для выполнения работы. Выбран выпрямитель подходящий для поставленных целей ВДМ-1200. Для более экономичного и эффективного ремонта предложена азотная станция АГС- 940 которая должна заменить старое устаревшее оборудование которое работает на дизеле. Был произведен расчет благодаря ему было выяснено какое количество электродов необходимо для провари шва, а также напряжение и силу тока для этих электродов.

3 Сварочное оборудование и материалы

«Для того, чтобы произвести выравнивание краев МГП применяется аппарат ДС120П.33 (рисунок 23) предназначен для резки электропроводных материалов толщиной до 40мм в цеховых и монтажных условиях, в том числе для резки жаропрочных сталей и цветных металлов. Для подачи плазмообразующего газа может быть задействован компрессор. В качестве плазмообразующего газа чаще всего используют воздух или азот.



Рисунок 23- аппарат ДС120П.33

Сравнение воздушно-плазменной резки с газокислородной показывает, что более высокие первоначальные затраты на оборудование для воздушно-плазменной резки быстро окупаются за счет низких эксплуатационных затрат. Учитывая стоимость рабочей силы и значительные преимущества воздушно-плазменной резки по производительности, окупаемость затрат на оборудование, как показывает производственный опыт, составляет не более 3 месяцев» [38].

«К важным преимуществам воздушно-плазменной резки следует отнести:

- небольшую зону термического влияния;
- универсальность процесса по отношению к видам металлов;
- нечувствительность к качеству поверхности разрезаемого металла.

Аппарат ДС120П.33 имеет:

Толщину разрезаемой стали до 40 мм (разделительный рез) и 35 мм (качественный рез), алюминиевых сплавов - 30 мм, меди и её сплавов - 20 мм. Бесконтактное возбуждение дуги. Встроенный регулятор подачи плазмообразующего газа. Манометр, контролирующий давление газа. Фильтр-влагомаслоотделитель. Воздушный клапан с подогревом для работы при

отрицательных температурах. Встроенные сетевые фильтры для работы от дизель-генератора.

Увеличенный срок службы электрода за счет плавного нарастания тока резки и постепенного увеличения расхода газа до максимального значения после возбуждения дуги. Защиту резака за счет блокировки аппарата при отсутствии или низком давлении плазмообразующего газа. Легкое прожигание возможных загрязнений поверхности. Основная дуга (между катодом и разрезаемым материалом) зажигается при помощи косвенной (пилотной) дуги. Возможность работы с ручным резаком, автоматическим резаком в составе трубореза ТР-2 или других машин автоматической резки. Специальный шлангопакет для работы при температурах до -40 C. » [13]

Труборез ТР-2 (рисунок 24) используется с аппаратом ДС 120П.3М для резки труб диаметром от 56 до 1420мм и листовых материалов.



Рисунок 24 - Труборез ТР-2

Передвижение трубореза по трубе или листу осуществляется по специальной цепи.



Рисунок 25 - специальная цепь для перемещения трубореза.

«Труборез состоит из самоходной тележки, выполненной в виде шарнирной рамы с валом и двумя зубчатыми шестернями. Вал связан через

редуктор с приводным двигателем постоянного тока. Шарнирная рама снабжена опорными колесами и механизмом натяжения цепи. На одной из сторон шарнирной рамы закреплен плазмотрон, который можно передвигать вдоль трубы или листа по направляющим для точного позиционирования.» [13]

Работу компрессора рационально заменить установкой ВЭЛТЕКС АГС 940.0. Так же сразу производится продувка и очистка МГП.



Рисунок 26 - АГС-940

Строповочное устройство подбирается по весу и длине черновой “катушки”. В этом случае черновая “катушка” 5 метров.



Рисунок 27 - Строповочное оборудование для черновой “катушки” 5м

Для доставки на аварийный участок азотной станции и черновую ‘катушку’, а так же произвести разгрузку поможет бортовой автомобиль КАМАЗ-65117 (6×4) с краном-манипулятором Hiab X-CL 16 В-2.



Рисунок 28 - Бортовой автомобиль КАМАЗ-65117 (6×4) с краном-манипулятором
Hiab X-CL 16 B-2

Бортовой автомобиль КАМАЗ-65117 (6×4) с краном-манипулятором Hiab X-CL 16 B-2 (рисунок 28), предназначен для выполнения перемещения грузов, а так же выполнения погрузочно-разгрузочных работ, и монтажа оборудования перевозимого в бортовой платформе.

Характеристики КМУ Hiab позволяют работать с грузами находящимися на удалении 8,4 м от колонны КМУ. Управление краном-манипулятором осуществляется с земли, 2 пульта с обеих сторон.

КМУ Hiab - производство Финляндия

Стальная бортовая платформа: длина -7200 мм, высота -780 мм. [67].

Технические характеристики бортового автомобиля КАМАЗ-65117:

Базовое шасси: КАМАЗ-65117

Колесная формула: 6×4

Полная масса, кг: 24 000

Снаряженная масса, кг: 13 125

Масса перевозимого груза, кг: 10 875

Мощность двигателя, л.с.: 300

Длина кузова, мм: 7 200

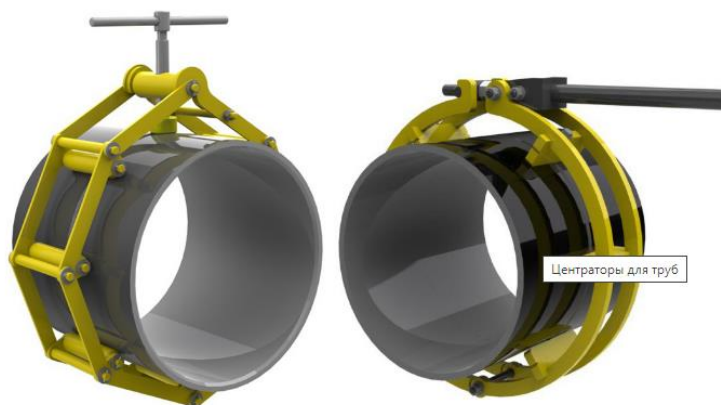


Рисунок 29 - Центраторы для сварки труб ЦЗН

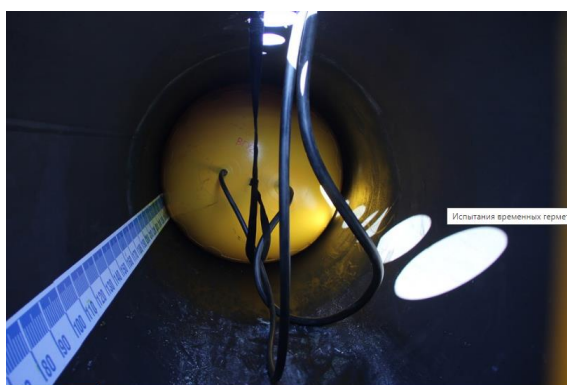


Рисунок 30 - временно герметизирующее устройство

Выводы по третьему разделу

В данном разделе представлены оптимальное оборудование, которым планируется выполнение ремонта МГП после взрыва. Каждое оборудование подходит по характеристикам, которые как раз и нужны, чтобы можно было быстро и без особых трудностей произвести ремонт по восстановлению газопровода после взрыва при помощи катушки вставки.

Подбор хорошего оборудования - это залог качественно выполненного ремонта. Невозможно произвести ремонт, а особенно такого сложного как восстановление газопровода после взрыва если на участке будет не хватать оборудования.

4 Безопасность и экологичность работы

Анализ вредных факторов возникающих при ремонте МГП.

В момент, когда происходит разгерметизация МГП происходит утечка вредных и токсичных веществ в атмосферу, таких как метанол, что приводит к взрывоопасной смеси которая при малейшем искрообразовании может детонировать. В момент детонации происходит мощнейший взрыв который несет за собой разрушительную силу, от которой может пострадать не только человек, но и окружающая природа.

Высокое давление газопровода

В момент разгерметизации МГП, газ содержащийся внутри вырывается наружу с высоким давлением, что представляет за собой серьезную опасность как для рабочего персонала при проведении огневых работ, а так же для всех ближайших построек так как взрыв трубы несет за собой разрушительную силу.

Поэтому для снижения опасности данного фактора рабочее давление снижается до 2,49Мпа.

Взрывоопасность при огневых работах

Во время произведения ремонтных работ есть огромная вероятность, что газопровод может взорваться и тем самым покалечить весь персонал и повредить оборудование, которое было подготовлено для выполнения огневых работ.

Для избегания данного фактора на объекте должна присутствовать азотная станция, так как азотное пожаротушение эффективно и надежно ведь пожар можно ликвидировать в считанные секунды и вне зависимости от удаленности очага возгорания. Очень часто данный способ тушения пожара и предотвращения взрывоопасных процессов является единственно возможным вариантом, поскольку применением для тушения труднодоступных мест. Так же возможно, осуществлять пожаротушение более бережно к оборудованию и

дорогостоящей технике отличии от воды и пены и возможность создания инертной атмосферы на участке, на котором проводятся огневые работы.

Благодаря азотной станции огневые работы становятся более безопаснее и нет напряженности в работе у персонала в момент выполнения работ.

Повышенный шум и механизмы производственного оборудования

В момент выполнения ремонтных работ персонал непосредственно работает с движущимися машинами и механизмами производственного оборудования тем самым создает опасный фактор так как находится в близи механизмов. Вся техника или оборудование производит повышенный шум, что плохо влияет на персонал. Во время работы с оборудованием или инструментом персонал подвержен вибрации.

Для защиты от опасных факторов используется коллективные, а так же индивидуальные средства защиты.

Электрическая дуга и металлические искры при сварке

Возникающие вследствие электродуговой и других видов технологической сварки электрическая дуга или металлические искры являются серьёзной опасностью для сварщиков. В момент работы расплавленный металл разбрызгивается и несет серьёзную опасность при попадании на кожу вплоть до сильнейших ожогов. Так же при подготовки сварных швов и отчистки их в дальнейшем от шлака электрооборудованием, таким как шлифовальная машинка, есть вероятность попадания искрообразованием на одежду или отдельные части тела.

Для во избегания данного фактора необходимо использовать защитную маску, куртку, комбинезоны или другую одежду не подверженную возгоранию для защиты тела от ожогов и механических повреждений.

4.1 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 7 - Опасные факторы

Операция технологического процесса	Опасный фактор	Источник опасного фактора
Восстановительные работы МГП после взрыва	Возгорание и взрывоопасность	Последствия на МГП после аварии
	Высокое содержание токсичных веществ в воздухе	Прорыв МГП и газ попал в атмосферу
	Механизмы и оборудование	Крутящиеся механизмы, движущиеся механизмы,
	Сварочные искры или раскаленный шлак	Сварочный аппарат
	Электрический ток, как от оборудования, так и от техники	Оборудование, которое работает на электричестве так и сварочное оборудование
	Падение груза с высоты	Подвешенный объект

Таблица 8 - Вредные факторы

Операция технологического процесса	Вредный фактор	Источник вредного фактора
Восстановительные работы МГП после взрыва	Превышение пыли в воздухе	Ручной инструмент при работе по зачистке МГП, продувка МГП.
	Повышенный шум	Техника на участке, оборудование или инструмент
	Ультрафиолетовое излучение	Прямое воздействие солнечных лучей
	Инфракрасное излучение	Излучение при сварочных работах
	Погодные условия	Дождь или холод
	Повышенная вибрация	Оборудование или ручной инструмент

4.2 Меры по снижению опасных и вредных факторов

Таблица 9- Меры по снижению опасных факторов

Операция технологического процесса	Опасный фактор	Предлагаемые меры
Восстановительные работы МГП после взрыва	Возгорание и взрывоопасность	Средства по пожаротушению
	Высокое содержание токсичных веществ в воздухе	Индивидуальные средства защиты
	Механизмы и оборудование	Оградительные элементы
	Сварочные искры или раскаленный шлак	Специальная одежда, индивидуальные средства защиты
	Электрический ток, как от оборудования, так и от техники	Специальная одежда, индивидуальные средства защиты
	Падение груза с высоты	Оградительные элементы, каска

Таблица 10- Меры по снижению вредных факторов

Операция технологического процесса	Вредный фактор	Предлагаемые меры
Восстановительные работы МГП после взрыва	Превышение пыли в воздухе	индивидуальные средства защиты
	Повышенный шум	индивидуальные средства защиты
	Ультрафиолетовое излучение	индивидуальные средства защиты, защитная одежда, установка защитных экранов
	Инфракрасное излучение	индивидуальные средства защиты, заградительные элементы
	Погодные условия	Навесы, специальная одежда, теплые помещения
	Повышенная вибрация	индивидуальные средства защиты, защитная одежда.

4.3 Мероприятия по охране окружающей среды при проведении работ по очистке полости, испытаниям, удалению воды из участков газопроводов, технологических трубопроводов

«Мероприятия по охране окружающей среды при проведении работ по очистке полости и испытаниям участков МГП, технологических трубопроводов и оборудования направлены на предотвращение и ограничение основных видов техногенных воздействий на воздушную и водную среды, почвенно-растительный покров, растительный и животный мир и их последствий:

- загрязнение природной среды при сбросах вод;
- изменение рельефа и микрорельефа за счет образования колеи, рытвин, борозд и др. от прохождения техники;
- захламливание пойм и русел рек отходами;
- выброс в атмосферу вредных веществ от применяемой техники;
- нарушение путей миграции и среды обитания животных и рыб;
- ухудшение физико-механических свойств грунтов;
- водно-эрозионные и геокриологические процессы;
- нарушение структур плодородных горизонтов и почвенного покрова;
- разрушение склонов (пойм, надпойменных террас, берегов, русел рек);
- угнетение растительных сообществ, утрата отдельных экземпляров редких и исчезающих видов растений и животных» [41].

«Воду, использованную при гидравлических испытаниях, сливают в резервуарные отстойники, в которых она частично испаряется, частично фильтруется, отстаивается, после чего вода сбрасывается на местность (в реку).

Сброс технически чистой воды производят в места водозаборов, в водоемы и реки, пересекаемые газопроводом. При необходимости прокладывают дополнительные сливные линии от мест слива до точек сброса. При сбросе воды конец сливного патрубка погружают под поверхность воды на глубину не менее одного метра. До начала сброса природоохранная служба проводит анализ на соответствие нормативам взвешенных веществ и загрязнений. Контроль за

сбросом воды осуществляют с участием представителей местного водного хозяйства» [41].

«Плодородный слой почвы и грунт, извлеченный из котлована резервуара-отстойника при его сооружении, укладывают в отдельные бурты и используют при обратной засыпке и рекультивации. Резервуары-отстойники, устраиваемые в углублении земной поверхности, должны быть экранированы в соответствии с ГОСТ 17.5.3.04. 14.8

По окончании испытаний газопроводов временно использовавшиеся для устройства водозаборов, размещения механизмов, сооружения резервуаров-отстойников и другие земли рекультивируют. Вывоз загрязненной земли (осадка на дне котлованов) осуществляют в отведенные места. 14.9 Сброс воды из резервуара-отстойника в реку должен регулироваться краном на сливном патрубке таким образом, чтобы:

- обеспечить нормы предельно допустимых сбросов загрязняющих веществ в реку со сбрасываемыми водами.

Использование для гидравлических испытаний жидкостей с пониженной температурой замерзания разрешается только по специальной технологии, с учетом ее приготовления и утилизации, указываемой в проекте» [41].

4.4 Пожарная безопасность на производстве

Для обеспечения пожарной безопасности участка на котором планируются работы связанные с огневыми будет применена азотная станция которая может обеспечить:

- Азотное пожаротушение эффективно и надежно: пожар можно ликвидировать в считанные секунды и вне зависимости от удаленности очага возгорания. Очень часто данный способ тушения пожара и предотвращения взрывоопасных процессов является единственно возможным вариантом, поскольку применением для тушения труднодоступных мест;

- Возможно, осуществлять пожаротушение более бережно к оборудованию и дорогостоящей технике отличии от воды и пены;

Возможность создания инертной атмосферы на участке, на котором проводятся огневые работы.

Выводы по экологическому разделу

В настоящем разделе выпускной квалификационной работе выполнен анализ предлагаемых технологических решений на предмет безопасности труда, пожарной безопасности и экологической безопасности. Реализация проектной технологии приводит к появлению опасных и вредных производственных факторов, идентификация которых позволила предложить стандартные технические и организационные решения. Идентификация опасных факторов пожара на рассматриваемом предприятии позволила предложить мероприятия и технические решения по устранению опасности возгорания. Также в настоящем разделе предложены средства борьбы с пожаром, если он все-таки произошёл несмотря на принятые меры.

В ходе выполнения экологического раздела установлено, что осуществление проектной технологии приводит к негативному антропогенному воздействию на окружающую среду. При этом страдают атмосфера, гидросфера и литосфера. Предлагаемые в работе мероприятия позволят соответствовать предприятию современной экологической повестке и свести к минимуму вред окружающей среде.

Все предлагаемые в настоящей выпускной квалификационной работе технические решения и организационные мероприятия являются стандартными и не требуют повышения эффективности за счёт разработки специализированных средств и методик.

5 Экономическая эффективность

5.1 Стоимость капитального ремонта по Прейскуранту

Взят за основу Прейскурант на услуги АО «Газпром газораспределение Пермь», который был введен от 01.01.2023г. и подписан генеральным директором С.Б.Черезовым [42]. Из данного прейскуранта взята основа ценообразования, стоимости проведения текущего ремонта газопровода.

Настоящий Прейскурант содержит цены на работы/услуги по прочей деятельности (техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту газораспределительных систем). Для восстановления МГП используется катушка-вставка длиной 5м. Конструктивные и технологические параметры катушки-вставки устанавливаются проектом в соответствии с действующим газопроводом.

Таблица 11 - Услуги работ на капитальный ремонт по Прейскуранту

Номер позиции по каталогу	Наименования работ/услуг	Единица измерения	Цена, руб.
2.5	Строительный контроль за строительством подземного газопровода, а так же проверка ультразвуковая дефектоскопия сварного соединения при диаметре газопровода, мм	до 10м	10692
4.1.1.19	Проверка герметичности подземного газопровода высокого и среднего давления опрессовкой воздухом при диаметре газопровода, мм св. 1000	до 10 м	9 570
3.8	Ввод в эксплуатацию подземного распределительного газопровода, газопровода-ввода диаметром, мм св. 1000	До 10 м	8 648
4.1.3.16	Замена участка стального подземного газопровода (врезка катушки) протяженностью до 10 м включительно	участок	137 618

Продолжение таблицы 11

Номер позиции по каталогу	Наименования работ/услуг	Единица измерения	Цена, руб.
4.1.3.40	Изоляция стыков стального газопровода рулонным наплавляемым битумнополимерным материалом при диаметре газопровода, мм св. 1000	Стык 2 стыка	1343 2686
4.1.3.62	Оповещение потребителей об отключении газа на период ремонтных работ	ввод	1872
4.1.3.75	Отключение ремонтного участка газопровода высокого давления с освобождением его от газа при диаметре газопровода, мм св. 1000	отключение	5 961
4.1.3.85	Восстановление давления газа после его отключения на ремонтном участке газопровода при наличии ПРГ/ГРУ и диаметре газопровода, мм св. 1000	восстановление	3 919
	Итого:		180966

Предварительная цена по Прейскуранту Газпрома затраты на капитальный ремонт газопровода без затрат на материалы и строительные конструкции составили 180966 руб.

5.2 Затраты на материалы и строительные конструкции

Для того, чтобы определить количество необходимых электродов для ручной дуговой сварки необходимо определить расход по формуле:

$$G_э = G_н * (1.6 \dots 1.8), \quad (27)$$

Где $G_э$ - масса электродов;

$G_н$ - масса наплавленного металла, которая находится по формуле:

$$G_н = F_н * 7,8 * 446, \quad (28)$$

где - длина шва равная 4459мм,

$F_н$ - площадь наплавленного металла за 11 проходов, $F_н = 434 \text{ мм}^2$.

Поставив значения в формулу (28), получим:

$$G_н = 7,8 * 4,34 * 446 = 15098 \text{ г.}$$

Масса электродов из формулы (27) равна:

Для ручной дуговой сварки вводится коэффициент 0,826, тогда как базовый множитель равен 1,4.

$$G_э = 15098 * 1,4 = 21137,2 = 21 \text{ кг.}$$

Таблица 12 - Количество и цена электродов

Обозначение электродов	Диаметр электрода	Масса пачки	Кол.	Цена за 1 пачку, руб.
LB 52U	3.2 мм.	5 кг.	2	3850
OK 53.70	4 мм.	6 кг.	2	5655
Итого:				19010

Для того чтобы произвести ремонт газопровода необходимы следующие материалы которые представлены в таблице 9.

Таблица 13 - Необходимые материалы для ремонта

Наименование материала	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
Труба стальная, 1420 мм	5 м	25675 за 1м	128375
Термоусаживающейся манжеты "ТЕРМА-СТАР" номинальной ширины 600 мм и толщины 3,0 мм	2 комплекта. Один комплект - для изоляции одного стыка.	2746	5492
Жидкость для очистки или обезжиривания	2	250	500
Зачистные круги для УШМ	10	218	2180
Отрезные круги для УШМ	10	46.7	467
Газовый баллон	2	5500	11000
Итого:			148014

По данному Прейскуранту при расчете базовых цен приняты следующие величины экономических показателей:

- Должностные оклады работников АО Газпром газораспределение Пермь введенные 01.07.2022 года;
- Тариф страховых взносов в государственные внебюджетные фонды - 30.2%
- Для производственных потребителей 25%
- Налог на добавочную стоимость - 20%

Таким образом, можно рассчитать предварительную стоимость ремонта газопровода который был поврежден взрывом. Для этого были взяты по Прейскуранту затраты на капитальный ремонт газопровода при помощи врезки катушки до 10м. и добавили затраты на ремонтные материалы и таким образом получилась сумма 347990 руб.

5.3 Затраты по базовой технологии

После восстановительных работ и диагностики приступают к очистке, а далее осушению и азотированию газопровода. В базовой технологии при капитальном ремонте используют:

- Осушение газопровода при помощи Atlas Copco XAXS 277 Cd (рисунок 31)



Рисунок 31 - Дизельный генератор Atlas Copco XAXS 277 Cd

Рабочее давление, бар	17
Производительность, м3/мин	16,6
Количество ступеней сжатия, шт.	1
Емкость масляной системы, л	52
Мощность шума по 2000/14 ЕС, дБ(А)	104
Максимальная температура окружающей среды, °С	+50 °С

Генератор работает на дизельном топливе и имеет расход топлива на 1ч. работы при максимальной нагрузке 39.9 л./ч., холостой ход 16.8 л./ч., средний 28.35 л./ч.

На 2023 год цена дизельного топлива в городе Пермь равна 62,29руб за 1л.

Если данный компрессор будет работать 8ч смену, на средних оборотах то мы получим:

Цена топлива за 1 час работы = Средний расход * цена топлива (29)

Цена топлива за 1 час = $28,35 * 62,29 = 1765,9$ руб./ч.

Теперь умножив это значение на 8 часов, то получаем, что дизельный компрессор расходует 14127 рублей за 8 часов работы.

Цена данной станции 3750000 рублей.

- Азотирование газопровода по базовой технологии происходило при помощи ТГА-10/251 С-95 (рисунок 32)



Рисунок 32 - Передвижная азотная компрессорная установка ТГА-10/251 С-95

Характеристики:

Давление азота конечное изб., не более 250 кгс/см²

Производительность азота, прив. к норм. усл. до 10 м³/мин

Концентрация азота на выходе до 99%

Шасси, наименование КамАЗ, Урал, Scania, Iveco и другие

Масса полная, не более 26500 кг.

Размеры, длина x ширина x высота

10000 мм x 2500 мм x 3800 мм

Расход дизельного топлива в момент азотирования газопровода составляет 75 л/час, что составляет 4672 руб./ч., а за 8 часов работы это составляет 37376 руб.

Цена данной станции 13000000 рублей на базе шасси.

Таблица 14 - Цена оборудования

Наименование оборудование	Цена оборудования	Расход дизельного топлива за 8 часов работы
Atlas Copco XAXS 277 Cd	3750000 руб.	14127 руб.
ТГА-10/251 С-95	13000000 руб.	37376 руб.
Итого:	16750000 руб.	51503 руб.

5.4 Затраты за перебой поставки газа

По данным на 2023г. Россия предоставляет для Китая газ по цене \$297/тыс. куб. это приблизительно 30000/тыс. куб или 30 руб./м3.

При капитальном ремонте происходит полное отключение газопровода до полного восстановления аварийного участка. Поэтому при базовой технологии происходит перебой поставки газа, что влечет за собой потери.

Затраты от перебоев в поставке газа рассчитывается по формуле:

$$Z_{п.п.} = C * q * t \quad (30)$$

$$Z_{п.п.} = 30 * 5850.6 * 3 = 526554 \text{ тыс. руб}$$

Где $C = 30$ руб./м3- стоимость поставляемого газа в Китай;

$q = 5850.6$ тыс. м3 - объем недопоставленного газа;

$t = 3$ суток - время простоя трубопровода (предположительное время простоя).

Объем недопоставленного газа рассчитывают по формуле:

$$q = \sqrt{\frac{P_H^2 - P_K^2}{L * z}} \quad (31)$$

$$q = \sqrt{\frac{(9.8 * 10^6)^2 - (9.8 * 10^6)^2}{5 * 10^3 * 0.9787}} = 5850.6 \text{ тыс. м3}$$

Где $= 9,8$ МПа - начальное давление газа;

$= 9.8$ МПа - конечное давление газа; $L = 5$ м - длина участка;
 $z = 0,9787$ - коэффициент сжимаемости газа.

$$Z_{\text{п.п.н.}} = 30 * 5850,6 * 2,3 = 403691,4 \text{ тыс. руб} \quad (32)$$

Где $C = 30$ руб./м³- стоимость поставляемого газа в Китай;
 $q = 5850.6$ тыс. м³ - объем недопоставленного газа;
 $t = 2,3$ суток - время простоя трубопровода при эффективности времени в 4,61 раз.

Объем недопоставленного газа рассчитывают по формуле:

$$q_{\text{н}} = \sqrt{\frac{P_{\text{н}}^2 - P_{\text{к}}^2}{L * z}} \quad (33)$$

$$q = \sqrt{\frac{(9.8 * 10^6)^2 - (9.8 * 10^6)^2}{5 * 10^3 * 0.9787}} = 5850.6 \text{ тыс. м}^3$$

Где $= 9,8$ МПа - начальное давление газа;
 $= 9.8$ МПа - конечное давление газа; $L = 5$ м - длина участка;
 $z = 0,9787$ - коэффициент сжимаемости газа.

Эффективность уменьшения времени простоя в 4.61 раза определим по формуле:

$$\Delta_{\text{п.п.}} = Z_{\text{п.п.}} - Z_{\text{п.п.н.}} \quad (34)$$

Где $Z_{\text{п.п.}}$ это затраты на простой по базовой технологии;
 $Z_{\text{п.п.н.}}$ - затраты на простой по новой технологии.

$$\Delta_{\text{п.п.}} = 526554 - 403691,4 = 122862,6 \text{ руб.}$$

5.5 Затраты по предлагаемой технологии

Для более эффективного и менее затратного капитального ремонта газопровода предлагается приобрести азотную установку АГС-940.0 рисунок 21.

Затраты на данную станцию составляют:

Таблица 15 - Затраты по новой технологии

Вид затрат	Цена/руб.
Покупка станции	21000000
Обучение персонала (2 чел.)	50000
Итого:	21050000

Сравнение характеристик:

Таблица 16 - Сравнение технологий

Базовая технология	Предлагаемая технология
Азотирование выполняется: ТГА-10/251 С-95	Азотирование предлагается выполнять: АГС-940.0
Производительность: до 10м ³ /мин	Производительность: 15,6 м ³ /мин
Продувка выполняется: Atlas Copco XAXS 277 Cd	Предлагается продувать: АГС-940.0
Производительность: 16,6 м ³ /мин	Производительность: 44,3 м ³ /мин

Эффективность азотной станции АГС-940.0 в азотировании газопровода лучше базовой технологии 1,95 раз, а по продувке лучше 2,66 раз, что суммарно дает прирост эффективности в 4,61 раз. При этом затраты по новой технологии превысят всего лишь на 1,25 раз.

Данная станция экономит на дизельном топливе приблизительно 51503 рублей за устраненную аварию и зная, что в год происходит примерно 15 аварий, то можно высчитать экономию за год.

$$\mathcal{E}_z = Z_m \cdot A_c \quad (35)$$

Где \mathcal{E}_z - экономия на топливе за год;

Z_m - затраты на топливе;

A_c - аварийных ситуаций за год.

$$\mathcal{E}_z = 51503 * 15 = 772545 \text{ руб./г.}$$

Затраты за год на аварийно восстановительные работы

$$\mathcal{Z}_{z.a.} = \mathcal{Z}_{к.р} * Q_a \quad (36)$$

Где $\mathcal{Z}_{z.a.}$ - годовые затраты на аварийные ситуации;

$\mathcal{Z}_{к.р}$ - затраты на капитальный ремонт и затраты на оборудование;

Q_a - количество аварийных ситуаций в год.

$$\mathcal{Z}_{z.a.} = 347990 * 15 = 5219850 \text{ руб./г.}$$

Вывод по экономическому разделу

Новая станция дороже старого оборудования на 4300000 руб., но при этом дает прирост к эффективности 4,61 раз, тем самым сократив рабочее время в 15,61 раз. Восстановление аварийного участка с 72 часов сократилось до 56 часов, тем самым сократив потерю газа при простое на 122862,6 руб. При эффективной работе оборудования на 15 аварийных участках в году, то экономия вырастит до 2 615 484 руб.

Учитывая, что данная азотная станция работает на природном газу, то это сокращает расходы на дизельное топливо, которое было существенное, учитывая, что на нем работало два оборудования, которые заменяет новая станция. Затраты по дизельному топливу в год составляли 772545 руб.

Если сложить всю полученную выгоду то новое оборудование только на аварийных ситуациях окупит себя через 8 лет, но данное оборудование может работать еще и на других этапах ремонтов и строительства газопровода, тем самым эффективность возрастает ещё в несколько раз, а так же сокращается срок окупаемости. Сравнение технологий с показателями за год представлены на рисунке 33.

Сравнение технологий, показатели за год.

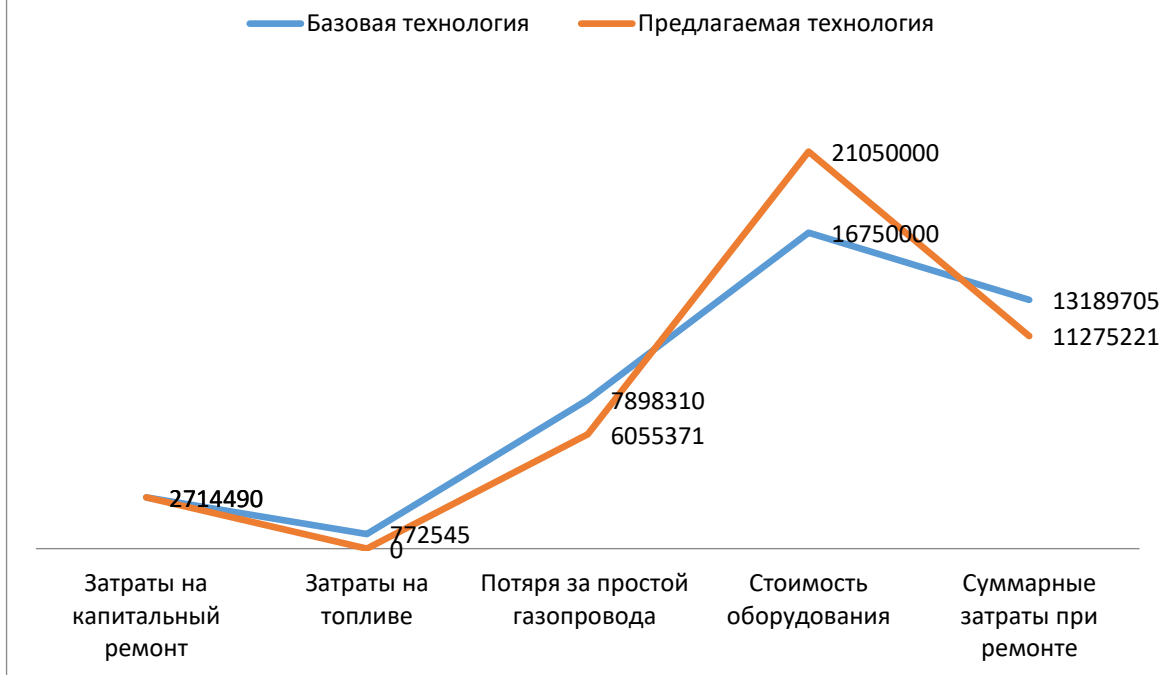


Рисунок 33 – Сравнение технологий, показатели за год

Заключение

В данной выпускной работе была поставлена цель - подобрать оптимальную технологию и способ ремонта для магистрального трубопровода после взрыва.

Для решения данной цели были изучены существующие на данный момент возможные ремонты МГП и на примере газопровода “Ухта-Торжок” были проанализированы.

Были четко поставленные задачи такие как:

Второстепенные задачи:

- Ознакомиться с МГП на примере газовой магистрали подземного типа расположения «Ухта-Торжок» и «Ухта-Торжок 2».
- Выявить распространенные дефекты, вызванные взрывом МГП;
- Описать все виды ремонта МГП;

Основные задачи:

- Подобрать оптимальную технологию и способ ремонта для магистрального трубопровода после взрыва;
- Выбор оборудования для ремонта трубопровода после взрыва;
- Произвести расчет выбранного способа ремонта для МГП.

Решая второстепенные задачи было изучено множество возможных дефектов влияющих на нормальную и исправную работа МГП, а так же и оптимальные возможные на данный момент ремонты данных дефектов.

Решая основные задачи была взята за основу самая подходящая технология ремонта газопровода после взрыва такая как - восстановление газопровода после взрыва при помощи “катушки” вставки которая является полностью аналогичной по диаметру и с характеристиками не ниже действующего МГП. Для монтажа “катушки” был взят способ, а именно ручная дуговая сварка неповоротных стыков труб магистральных трубопроводов покрытыми электродами. Данный способ был за основу благодаря отечественным разработкам, которые прописаны в имеющемся в открытом доступе источнике -

“Сварка магистральных трубопроводов высокого давления (информационный выпуск материалам Проблемного научно-технического Совета РОССНГС)”. Благодаря данному источнику был определен не только способ ремонта, а так же и виды электродов которыми можно осуществить сварку “катушки”.

В выпускной работе был подобран выпрямитель для сварки и на основе его были рассчитаны такие показатели как:

- Расчет режимов сварки;
- Определили, что корневым слоем будет выполняться электродом 3мм, а все последующие слои электродом 4мм;
- Определили количество проходов, а именно 11;
- Расчетали силу сварочного тока при сварке покрытыми электродами
- Определили нужное количество электродов для сварки.

Так же для более эффективного и быстрого восстановления газопровода была представлена новая азотная станция. На основе данной станции определили, что во время ремонта газопровода старое оборудование работает на дизельном топливе, которое в наше время имеет большую стоимость и заменив его на природный газ, на котором работает как раз новая станция мы сократили затраты на топливе.

Простой газопровода по которому без перебоя транспортировался газ и цена таких простоев очень огромная. В данной работе были высчитаны суммы простоя, а так же было выяснено, что за год аварийных ситуаций новая станция сохранит 1842939 рублей, а если к этому числу добавить затраты на топливе то выгода составит 2615484 рубля.

По старой технологии затраты на восстановление газопровода составят 9018845 рублей, а при новой 6403361 рублей что в 1,5 раз меньше.

Считаю, что поставленные задачи были выполнены и новый способ по восстановлению газопровода является полностью обоснован и может быть использован для восстановления других аварийных ситуаций в нашей стране.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Анализ способов диагностирования и отбраковки труб [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://imccenter.ru/analiz-sposobov-diagnostirovaniya-i-otbrakovkitrub-pri-kapital-nom-remonte-gazoprovodov/>, свободный. - Загл. с экрана. (30.11.2023).
2. Виды и методы ремонта магистральных газопроводов [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://studfile.net/preview/9210207/page:2/>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
3. Виды реконструкции магистральных трубопроводов [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://elibrary.ru/item.asp?id=44470694.>, свободный. - Загл. с экрана. (30.11.2023).
4. ВРД 39-1.10-006-2000 Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов
5. Газовое оборудование промышленных предприятий [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://kotelservice.ru/remont-gazoprovoda-metodom-zameny-uchastka/>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
6. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры
7. ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов. Технические условия.
8. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия
9. ГОСТ 8050-85 Двуокись углерода газообразная и жидкая. Технические условия
10. Дни науки факультета управления, экономики и права КНИТУ [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://e.lanbook.com/book/38543>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
11. Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности [Электронный ресурс] // Режим доступа:,

- <https://core.ac.uk/download/326326071.pdf>., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
12. Информационно - правовой портал [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://arbitr.garant.ru>., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
13. Каталог диссертаций [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://tekhnosfera.com/>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
14. Компания специализируется на оказании широкого спектра услуг как для корпоративных клиентов так и для частных лиц [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://www.ugaz.ru/>, свободный. - Загл. с экрана. (30.11.2023).
15. Корпоративная база знаний [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://bs.proplus.ru/>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
16. магистральный газопровод [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/28516/1/TPU182623.pdf> __., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
17. Математическая модель расчета частот собственных колебаний [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/jd-praktika/w0k/page-2.htm>., свободный. - Загл. с экрана. (30.11.2023).
18. Министерство образования и науки Российской Федерации федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/48891/1/TPU565626.pdf>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
19. Новости нефти и газа [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://neftegaz.ru>., свободный. - Загл. с экрана. 30.11.2023).
20. ПГУ информационный источник [Электронный ресурс] // Режим
21. Разработка технологии сварки разнотолщинных соединений стенок [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://rulitru.ru/>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).

- 22.Расчёт режимов дуговой сварки. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Изд-во Томского политехнического университета, 2008 - 41 с.
- 23.РД 153-006-02 Инструкция по технологии сварки при строительстве и капитальном ремонте магистральных трубопроводов
- 24.Ремонт газопровода методом замены участка
[Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://kotelservice.ru/>., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
- 25.Ремонт магистральных газопроводов ручной дуговой сваркой
[Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://core.ac.uk/download/161609560.pdf>., свободный. - Загл. с экрана. (30.11.2023).
- 26.Сборник материалов научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://e.lanbook.com/book/73183>., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
- 27.Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./ Ред.С 24 кол.: Г.А.Николаева (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1978 - - Т.4/ Под ред. А.И.Акулова. 1978. 462с., ил.
- 28.Сварка захлестных стыков механизированным способом при капитальном ремонте магистральных газонефтепроводов методом выборочной замены дефектов [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://elibrary.ru/item.asp?id=48368031>., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
- 29.Сводная коллекция ЭБС [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://e.lanbook.com/>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
- 30.Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд / В.Г. Сорокин и др.; Науч. ред. В.Г. Сорокин, М.А. Гервасьев - М.: «Интернет Инжиниринг». 2001. - 608 с.: ил
- 31.Стеклопластиковые муфты. Доступ: свободный., <http://earchive.tpu.ru/bitstream/>., - Загл. с экрана. (30.11.2023).

- 32.СТО Газпром 2-2.2-137-2007 Инструкция по технологиям сварки при строительстве и ремонте промышленных и магистральных газопроводов
Часть II.
- 33.Технология автоматической сварки трубопроводов [Электронный ресурс]
// Режим доступа:, <https://fgpip.ru/pravila-i-bezopasnost/tehnologiya-avtomaticheskoy-svarki-truboprovodov.html>, свободный. - Загл. с экрана.
(29.11.2023).
- 34.Технология и оборудование сварки плавлением. Акулов А.И., Бельчук Г.А.
и Демянцевич Е.И. Учебник для студентов вузов. М., «Машиностроение»,
1977. 432с. с ил.
- 35.Технология сварки труб [Электронный ресурс] // Режим доступа:,
<http://elibrary.ru/item.asp?id=42402916>, свободный. - Загл. с экрана.
(29.11.2023).
- 36.Трубные стали класса прочности X80 (K65) [Электронный ресурс] // Режим
доступа:, <https://www.metal-archive.ru/metallurgiya/768-trubnye-stali-klassa-prochnosti-h80-k65.html>, свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
- 37.Трубопроводный транспорт - Мегаэнциклопедия Кирилла и Мефодия
[Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://megabook.ru/>, свободный.
- Загл. с экрана. (30.11.2023).
- 38.Школа Неразрушающего контроля и безопасности [Электронный ресурс]
// Режим доступа:, <https://core.ac.uk/download/326326682.pdf>, свободный.
- 39.Эксплуатация газопроводов и газоиспользующего оборудования
[Электронный ресурс] // Режим доступа:,
<https://extxe.com/22830/jekspluatacija-gazoprovodov-i-gazoispolzujushhego-oborudovanija/>, свободный. - Загл. с экрана. (30.11.2023).
- 40.Эксплуатация газопроводов и газоиспользующего оборудования
[Электронный ресурс] // Режим доступа:,
<https://core.ac.uk/download/132416813.pdf>, свободный. - Загл. с экрана.
(29.11.2023).

41. Эксплуатация газопроводов и газоиспользующего оборудования [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <https://atis-ars.ru>., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).
42. ЭСИС Электрические системы и сети [Электронный ресурс] // Режим доступа:, <http://esystems.ru>., свободный. - Загл. с экрана. (29.11.2023).