

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Кафедра проектирования и эксплуатации газонефтепроводов

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.Н. Сокольников
«___» июня 2016 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Технология замены узла редуцирования газа на магистральном газопроводе без
остановки перекачки

Руководитель

к.т.н., доцент каф. ПЭГ

О.Н. Петров

Выпускник

Т.С. Рябцева

Красноярск 2016

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме
«Технология замены узла редуцирования газа без остановки перекачки».

Консультанты по
разделам:

Экономическая часть

И.В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

Е.В. Мусияченко

Нормоконтролер

О.Н. Петров

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Технология замены узла редуцирования газа на магистральном газопроводе без остановки перекачки» содержит 55 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 6 листов графического материала.

РЕГУЛЯТОР ДАВЛЕНИЯ, МАГИСТРАЛЬНЫЙ ГАЗОПРОВОД, ТЕХНОЛОГИЯ, ФИТИНГ, НЕПРЕРЫВНЫЙ ПРОЦЕСС, ПРЕИМУЩЕСТВА.

Объект ВКР: магистральный газопровод «Ванкор-Хальмерпаютинское м/р».

Цель ВКР – разработка технологического процесса замены регулятора давления газа на магистральном газопроводе без остановки перекачки газа.

Задачи ВКР:

- сравнение традиционных методов ремонта трубопроводов с остановкой перекачки и метод, позволяющий не прекращать процесс перекачки продукта, выявить достоинства и недостатки;

- подбор необходимого специализированного оборудования для производства замены;

- выявление экономических рисков или выгоды процесса.

В результате был разработан и описан технологический процесс замены узла редуцирования газа на магистральном газопроводе «Ванкор – Хальмерпаютинское м/р» без остановки перекачки, были выявлены технологические и экономические преимущества технологии TDWilliamson, установлены нормы безопасных условий труда и произведен расчет прочности стенок фитингов, который удовлетворяют всем требованиям производства работ на газопроводе.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Описание объекта проведения работ	7
2 Описание технологии	7
2.1 Основные преимущества технологии	8
2.2 Технические возможности оборудования	9
2.3 Область применения оборудования на предприятиях нефтегазовой отрасли.....	9
2.4 Подготовительные работы для ремонта	10
2.5 Этапы и устройства для выполнения врезки под давлением	11
3 Приварка фитингов	12
4 Врезка под давлением.....	16
5 Перекрытие сечения газопровода.....	19
6 Демонтаж задвижки	22
7 Расчет фитингов на прочность.....	24
8 Описание регулятора давления.....	28
9 Экономическая часть	30
9.1 Общие сведения о методах ремонта на трубопроводе.....	30
9.2 Основные преимущества проведения ремонта трубопровода без остановки перекачки	31
9.3 Затраты на проведение ремонта	32
9.3.1 Расчет затрат на замену регулятора давления газа без остановки перекачки по технологии TDWilliamson	33
9.3.2 Затраты на приобретение оборудования и расходных материалов....	34
9.4 Расчет затрат на монтажные работы	36

9.4.1 Амортизационные отчисления	36
9.4.2 Расчет затрат на оплату труда.....	38
9.4.3 Расчет страховых взносов	39
9.5 Расчет затрат на ремонт с остановкой перекачки транспортируемого продукта	40
10 Безопасность и экологичность.....	43
10.1 Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ	44
10.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ	45
10.3 Санитарно-гигиенические требования к помещениям и размещению используемого оборудования.....	46
10.4 Обеспечение безопасности технологического процесса	48
10.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности	50
10.6 Экологичность проекта	51
Заключение	52
Список использованных источников	53

ВВЕДЕНИЕ

Транспортировка больших объемов газа при высоких давлениях вызывает необходимость в обеспечении надежности магистральных газопроводов и предупреждении отказов и аварий. Нарушение технологического процесса перекачки на магистральных газопроводах может носить как экологический характер, заключающийся в загрязнении окружающей среды, так и экономический – потери продукта и задержка поставки газа потребителю.

Одной из часто встречающихся неисправностей на магистральных газопроводах является выход из строя запорно-регулирующей арматуры: износ ее отдельных частей либо несоответствие характеристикам трубопровода и перекачиваемой среды. Такое оборудование подлежит замене, так как не выполняет своих функций.

Целью моей выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса замены регулятора давления газа на магистральном газопроводе без остановки перекачки газа.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- сравнить традиционный метод ремонта трубопроводов с остановкой перекачки и метод, позволяющий не прекращать процесс перекачки продукта, выявить достоинства и недостатки;
- подобрать необходимое специализированное оборудование для производства замены;
- выявить экономические риски или выгоду процесса.

Актуальность данной темы не вызывает сомнений, поскольку, снижение надежности работы любой технической системы является необратимым процессом, и восстановление работоспособности арматуры газопровода является обязательным видом работ для обеспечения безопасной эксплуатации и безаварийной работы.

1 Описание объекта проведения работ

Данный пункт изъят. В пункте содержатся сведения, представляющие коммерческую ценность.

2 Описание технологии

Работы по замене регулятора давления газа включают в себя планировку площадки, зачистку изоляции, сварочно-монтажные работы, контроль сварных швов, демонтаж непригодного оборудования, засыпку траншеи и т.д. Эти операции по правилам ремонта должны проводиться с остановкой перекачки газа для безопасности проведения огневых работ и исключения утечки газа в

атмосферу. В свою очередь, остановка технологического процесса на магистральном газопроводе ведет к потерям как временным, так и экономическим.

Альтернативой традиционным методам ремонта трубопроводной арматуры является ремонт без остановки перекачки по технологии T.D.Williamson, которая позволяет проводить замену дефектных участков трубопроводов, ремонт или установку запорной арматуры и другие виды реконструкции трубопровода без прекращения поставки продукта и без снижения давления.

Перекрытие полости действующего трубопровода производят с помощью специального оборудования, машин и механизмов, а перекачка продолжается по временной байпасной линии. После перекрытия потока возможна безопасная замена арматуры на отсеченном участке.

2.1 Основные преимущества технологии

Основными преимуществами производства работ без остановки перекачки продукта по технологии TDWilliamson являются:

- предотвращение экономических потерь;
- исключение потерь от не поставленного газа в период выполнения ремонтных работ;
- сокращение штрафов за загрязнение окружающей среды;
- исключение затрат на привлечение дополнительного персонала, спецтехники и оплату сверхурочной работы;
- снижение причинения ущерба окружающей среде;
- оперативность и гибкость в решении проблем эксплуатации трубопроводов;
- высокий уровень безопасности работ, а также снижение аварийности.

2.2 Технические возможности оборудования

Данный подпункт изъят. В подпункте содержатся сведения, представляющие коммерческую ценность.

2.3 Область применения оборудования на предприятиях нефтегазовой отрасли

Данный подпункт изъят. В подпункте содержатся сведения, представляющие коммерческую ценность.

2.4 Подготовительные работы для ремонта

До начала производства основных строительного-монтажных работ на объекте следует выполнить комплекс подготовительных работ.

Комплекс подготовительных работ к замене запорно-регулирующей арматуры на магистральном газопроводе включает в себя:

- оформление нарядов-допусков на производство работ повышенной опасности. К работам повышенной опасности относятся работы, при выполнении которых в местах производства работ действуют или могут возникнуть, независимо от выполняемой работы, опасные производственные факторы. Наряд-допуск является письменным разрешением на производство огневых, газоопасных и других работ повышенной опасности, оформляется машинописным текстом отдельно на каждый вид работ и место их проведения, действителен в течение указанного в наряде-допуске срока, необходимого для выполнения объема работ, но не более 10 суток. Наряд-допуск может быть продлен на срок не более 3 суток, при этом общая суммарная продолжительность выполнения работ по одному наряду-допуску, с учетом его продления, не может превышать 10 суток;

- отвод территории для размещения временного строительного хозяйства и зоны производства работ по монтажу и врезке;

- доставка на объект строительной техники, оборудования и строительных

материалов. Перевозка и транспортировка грузоподъемных машин, автотракторной и строительной техники в охранной зоне газопровода к местам производства ремонтно-строительных работ и работ по техническому обслуживанию газопроводов должна выполняться по постоянным маршрутам и только по вдольтрассовым дорогам или оборудованным вдольтрассовым проездам;

- проведение обследования участка газопровода, где планируется выполнение ремонтных работ, в границах опасной зоны с целью выявления и устранения повреждений, представляющих опасность при проведении огневых работ. Перед проведением этих работ очищается поверхность трубы, находящейся под давлением от изоляции. Очистка производится только вручную, либо пескоструйными установками, скребками, щетками, либо другими инструментами безударного действия;

- контроль качества металла трубы в месте монтажа узла врезки;

- определение и разметка мелом на поверхности трубы места врезки и установки узлов врезки (фитингов, патрубков);

- для защиты от атмосферных осадков и ветра, места проведения работ по монтажу и установке оборудования должны находиться под навесом.

2.5 Этапы и устройства для выполнения врезки под давлением

Этапами выполнения врезки под давлением в действующий трубопровод являются:

- приварка фитингов;
- врезка под давлением;
- перекрытие;
- демонтаж задвижки.

Для производства работ применяются следующие устройства: фитинг STOPPLE 32x32 и фитинг STOPPLE 32x16 с фланцами LOCK-O-RING, комплект машины для врезки TM1200, сверлильный станок T101b, плоская

задвигка типа «SANDWICH».

Для сооружения линии выравнивания давления используются патрубок THREAD-O-RING Ø 50 мм, задвигка Ду 50 мм типа «Newman» и гибкий шланг Ø 50 мм.

Для предотвращения попадания грунта на фланцевые соединения деталей TDWilliamson и их защиты от почвенной коррозии после завершения процесса врезки под давлением выполнить изоляцию деталей TDWilliamson (фитингов и перепускного патрубка).

Внешним осмотром убеждаются в исправности запорной арматуры, манометров, соединительных трубопроводов стыковочного узла.

3 Приварка фитингов

Приварка фитингов и патрубков на действующий газопровод – первый этап выполнения врезки под давлением.

Фитинги STOPPLE – это разъемные тройники с полноразмерным отводом для использования с механизмами для перекрытия сечения трубопроводов. Фитинги STOPPLE оснащены фланцами LOCK-O-RING, которые изготовлены согласно стандарту с ASME Класса 150, 300, или 600. Фитинги с отводами уменьшенного диаметра с фланцами LOCK-O-RING применяются для установки временного байпаса.

Фитинги STOPPLE для врезки разработаны для присоединения новых линий к существующим магистралям. При их производстве проводится контроль эквивалента углерода с тем, чтобы он соответствовал эквиваленту углерода трубопровода, на котором будет проведена приварка фитинга.

На рисунке 1 изображены фитинги со штампованным и приварным отводами.



Рисунок 1 – Фитинги STOPPLE

Фитинги тип В: обечайки и отвод на одной из них получены путем горячей штамповки из листового металла, на полноразмерный отвод приваривается фланец типа LOCK-O-RING требуемого диаметра и класса.

Фитинги тип С: обечайки изготавливаются из цельной секции трубы, отверстие под отвод высверливается, отвод приваривается полуавтоматической электродуговой сваркой, затем на отвод приваривается фланец типа LOCK-O-RING требуемого диаметра и класса.

Фитинги с отводами уменьшенного диаметра – это фитинги, изготовленные путем штамповки из листового металла. Затем на отвод приваривается фланец типа LOCK-O-RING требуемого диаметра и класса, или фланец любого другого требуемого стандарта.

Резьбовые фитинги THREAD-O-RING используются для сброса и выравнивания давления в трубопроводе при применении механизма для перекрытия трубопроводов STOPPLE. Кроме того, фитинги этого типа могут

быть установлены при монтаже новых трубопроводов с любой из сторон линейной задвижки для последующего использования при продувке [3].



Рисунок 2 – Резьбовой фитинг THREAD-O-RING

Для работ по замене регулятора давления газа на магистральном газопроводе $\varnothing 820 \times 14$ мм используются фитинги STOPPLE Ду 800 мм для установки перекрывающего устройства, фитинги STOPPLE Ду 400 мм для подключения байпасной линии и патрубки Ду 50 мм THREAD-O-RING для линии выравнивания давления.

Схема расположения приваренных фитингов представлена на рисунке 3.

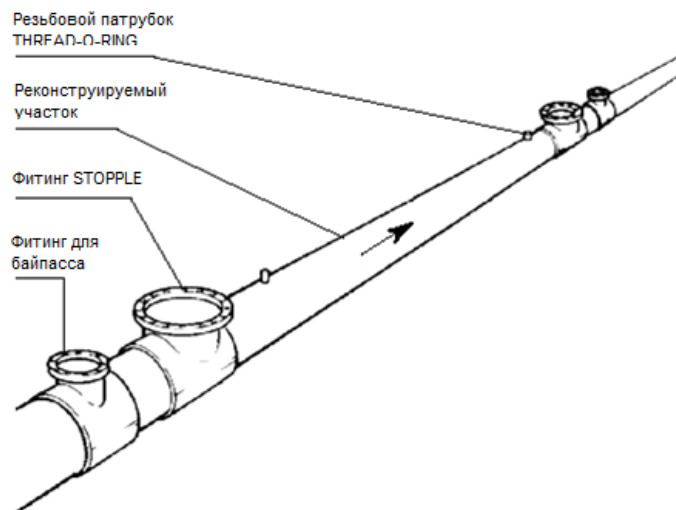


Рисунок 3 – Приварка фитингов на действующий трубопровод

Перед приваркой фитингов поверхность трубы в месте их наложения должна быть очищена от остатков изоляции, грязи, ржавчины, масляных пятен и т.п.

Приварка продольных швов фитинга к рабочей трубе не допускается. Для этого в местах сборки продольных швов выполнить прихватки подкладных пластин толщиной 1,2 – 1,5 мм, шириной 25 – 30 мм к внутренней поверхности половин разрезного фитинга по всей длине свариваемых кромок со стороны разделки, концы подкладных пластин должны выступать за торцы фитинга на 100 мм в каждую сторону.

Продольные швы трубопровода и фитинга должны быть смещены относительно друг друга не менее чем на 150 мм. Стягивать половинки фитинга до получения необходимого зазора следует при помощи наружного центриатора с фиксацией их положения прихватками.

После сварки продольных швов фитинга должны быть заварены поперечные (кольцевые) швы.

Контроль качества сварочных работ выполняется систематическим операционным контролем, визуальным и инструментальным контролем сварных соединений, проверкой сварных швов неразрушающими методами контроля.

Сварочные работы по приварке узлов врезки на трубопроводе под давлением выполняются сварщиками 5 – 6 разряда, прошедшие квалификационную подготовку, аттестованные на проведение специальных работ в соответствии с [4], [5].

Каждое сварное соединение должно быть подвергнуто радиографическому контролю по [6].

Конструкция фитинга STOPPLE приведена на чертеже.

4 Врезка под давлением

Следующим этапом работ является врезка под давлением, которая выполняется при помощи специальных машин и механизмов:

- задвижка типа «SANDWICH» – это дисковая задвижка с ручным (до Ду 600 мм) или гидравлическим (Ду 600 мм – Ду 1400 мм) приводом, которая устанавливается на фитинг и используется для контролируемого доступа к трубопроводу при сверлении, перекрытии или установке заглушки в фитинг под давлением [7]. Задвижка «SANDWICH» представлена на рисунке 4.

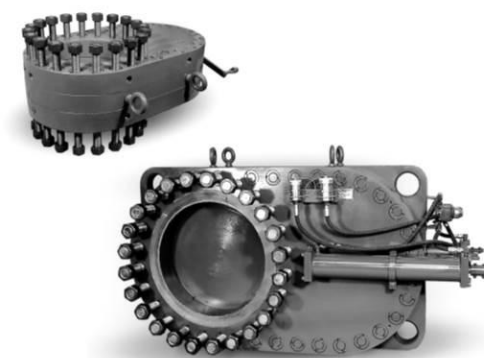


Рисунок 4 – Задвижка типа «SANDWICH»

- машина для врезок; представляет собой специальный станок, оснащенный гидравлической системой, с высокоточными фрезами и другими деталями, которые являются продукцией точного машиностроения.

Машина для врезок Ду 300 – 900 мм представлена на рисунке 5.

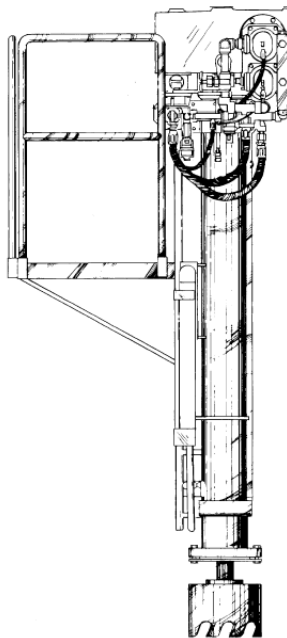


Рисунок 5 – Машина для врезок Т1200

В комплект поставки входит три отдельных гидравлических шланга. Перед началом работы их надо соединить между собой. Шланг высокого давления предназначен для подачи масла от насоса силовой установки к контрольному клапану машины для врезок. Шланг низкого давления предназначен для возврата масла от манифольда машины для врезок назад в резервуар силовой установки. Силовой шланг предназначен для сбора масла, поступающего из машины для врезок, и возврата его в резервуар силового блока [8].

- сверлильный механизм; оснащен ручным или пневматическим управлением и используется для производства врезок Ду 15 – 100 мм в трубопроводе без снижения давления. Машина для сверления, изображенная на рисунке 6, используется для установки пробок 50 мм [9].



Рисунок 6 – Сверлильный механизм T101b

На приваренные фитинги Ду 800 мм и Ду 400 мм устанавливаются временные задвижки типа «SANDWICH» и задвижки типа «Newman» на перепускные резьбовые патрубки. Далее производится установка комплекта машины для сверления T101b на задвижку типа «Newman» и засверливание отверстия Ду 50 мм в стенке газопровода. Затем закрытие задвижки и демонтаж машины T101b.

После того, как просверлены отверстия через резьбовые фитинги, устанавливается комплект машины для врезки T1200, подготовленной для вырезания отверстия Ду 800 мм, на плоскую задвижку типа «SANDWICH» фитинга STOPPLE. Подсоединяется гибкий шланг линии выравнивания давления, открывается плоская задвижка Ду 800 мм и задвижка типа «Newman» патрубка Ду 50 мм и происходит выравнивание давления.

Машина T1200 приводится в действие дизельным гидравлическим силовым блоком. Отверстия Ду 800 мм высверливаются, и на стержнях направляющей фрезы остается вырезанный купон.

Далее плоская задвижка типа «SANDWICH» и задвижка типа «Newman» закрываются, а сброс давления из полости над задвижкой производится через вентиль сброса давления. После соблюдения последовательности всех работ по вырезке отверстий, машина для врезки T1200 демонтируется.

Расположение установленных механизмов приведено на рисунке 7.

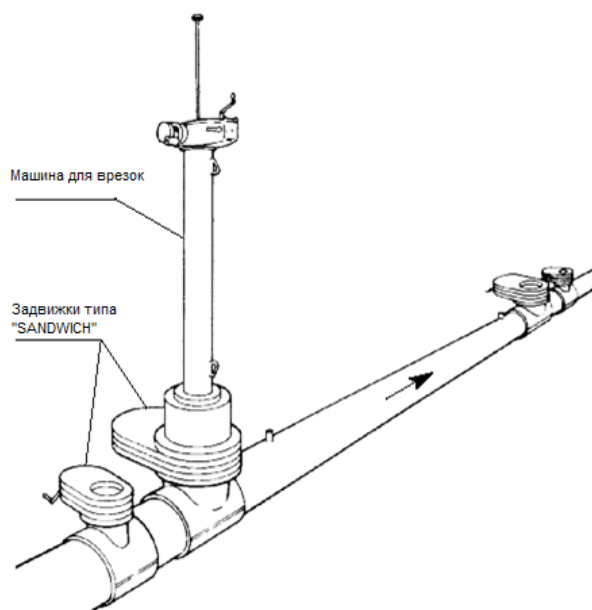


Рисунок 7 – Установка задвижек и машины для сверления отверстий

Далее на плоские задвижки монтируется байпасная линия Ø 400 мм, обе задвижки открываются, и перекачка продукта осуществляется уже через байпас.

Фитинги подвергаются пневматическому испытанию рабочей средой.

5 Перекрытие сечения газопровода

Механизм для закупорки STOPPLE предназначен для временной блокировки течения в трубопроводе вставлением STOPPLE-головки для закупорки через прорезанное в трубопроводе отверстие.

Механизм состоит из 3 основных частей:

- гидравлический цилиндр от 100 до 1200 мм, служит для спуска и подъема запорной головки в трубопровод. Приводится в действие с помощью силового блока машины для врезок;

- корпус-адаптер гидроцилиндра служит для установки гидроцилиндра на задвижку типа «SANDWICH» и одновременно является корпусом, в который убирается запорная головка. Имеет сбросной кран и штуцер для линии выравнивания давления.

- запорная головка устанавливается в трубу через задвижку типа «SANDWICH». Служит в качестве временного запорного устройства для герметичного перекрытия сечения трубопровода [10].

На рисунке 8 изображено перекрывающее устройство STOPPLE, а изображение основной его части – запорной головки – представлено на рисунке 9.



Рисунок 8 – Перекрывающее устройство STOPPLE

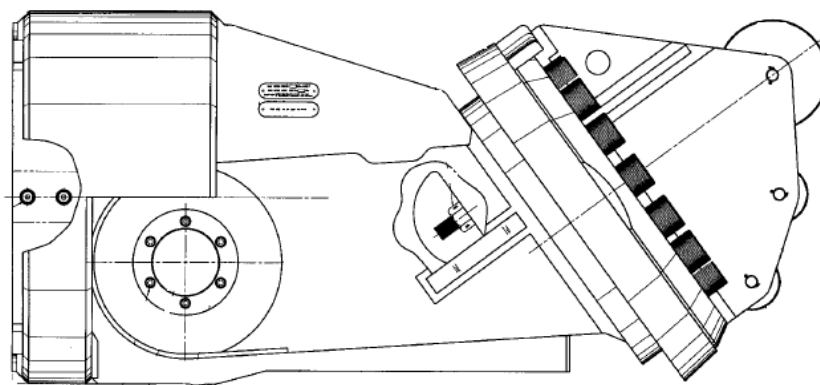


Рисунок 9 – Запорная головка перекрывающего устройства STOPPLE

Установка механизма STOPPLE с запорной головкой Ду 800 мм осуществляется на плоскую задвижку типа «SANDWICH» разрезного фитинга STOPPLE. Перекрытие выводимого из эксплуатации участка газопровода производится сначала ниже по направлению потока газа для уменьшения потока среды. Перекрывающая головка, установленная выше по потоку, опускается второй для изолирования секции. До установки перекрывающей головки в газопровод необходимо выровнять давление по обеим сторонам диска задвижки. На штоке устройства STOPPLE имеются мерные деления, которые позволяют определить точный момент установки головки в перекрывающее положение.

Теперь, когда обе головки установлены в перекрывающее положение, участок между ними полностью изолирован и газ движется только по байпасу.

Изолированный участок магистрального газопровода опорожняется и готов к проведению работ по замене регулятора давления газа.

Схема расположения механизмов на этапе перекрытия сечения газопровода показана на рисунке 10.

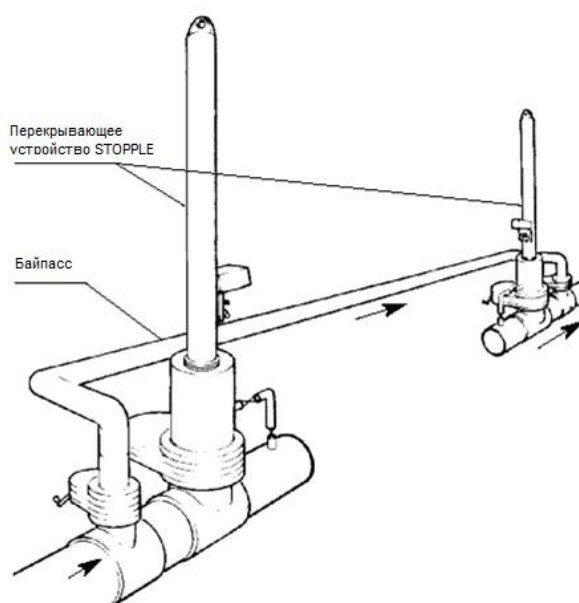


Рисунок 10 – Установка байпасса и устройств STOPPLE

После завершения ремонта участка устанавливается линия выравнивания давления. Из нового участка вытесняется воздух. Запорные головки поднимаются только тогда, когда выравнено давление по обе их стороны. Первой открывается головка со стороны подачи газа, затем – со стороны потребления. Задвижки закрываются, и давление сбрасывается из корпуса и адаптера машины. После того, как машина для перекрытия демонтируется, убирается байпасная линия.

6 Демонтаж задвижки

Демонтаж задвижки и восстановление режима перекачки газа производится при помощи фланцев и пробок LOCK-O-RING.

Фланцы и пробки LOCK-O-RING (рисунок 11) позволяют демонтировать временные задвижки, используемые для врезки в трубопровод и применения механизмов STOPPLE для перекрытия сечения трубопроводов. При необходимости, пробки LOCK-O-RING фитингов STOPPLE могут быть

извлечены из фитинга для последующей установки механизмов для перекрытия сечения трубопроводов [7].



Рисунок 11 – Фланец и пробка LOCK-O-RING

На плоскую задвижку Ду 800 мм устанавливается машина для врезок с адаптером и пробкой LOCK-O-RING вместо фрезы. Для выравнивания давления над пробкой LOCK-O-RING открывается задвижка резьбового патрубка Ду 50 мм. Далее происходит открытие плоской задвижки Ду 800 мм и установка пробки во фланец LOCK-O-RING фитинга STOPPLE в герметизирующее положение. Из фланца выдвигаются фиксирующие сегменты, которые удерживают пробку-заглушку в фитинге. Затем необходимо закрыть задвижку резьбового патрубка Ду 50 мм и сбросить давление из корпуса через вентиль сброса давления. Давление должно равняться нулю, это будет означать, что пробка установлена герметично. После проведенных операций машину можно поднять в верхнее положение и выполнить демонтаж линии для выравнивания давления Ду 50 мм.

Установка пробки резьбового патрубка Ду 50 мм выполняется машиной для врезки T101b.

Теперь, когда все пробки установлены, производится демонтаж плоских задвижек типа «SANDWICH» Ду 800 мм и задвижек типа «Newman» патрубка Ду 50 мм. Все фитинги закрываются сверху глухими фланцами (рисунок 12).

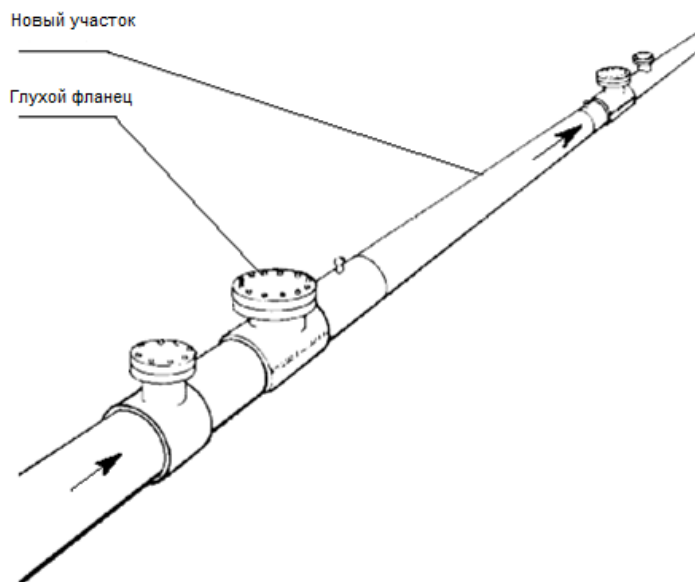


Рисунок 12 – Установка фланцев на фитинги

7 Расчет фитингов на прочность

Фитинг STOPPLE фирмы TDWilliamson является муфтовым разрезным тройником. Проведем проверочный расчет толщины стенки усиливающей муфты фитинга STOPPLE 32x16.

Минимальная толщина стенки усиливающей муфты разрезного тройника по условию (7.1) не должна быть меньше:

$$\delta_y \geq k_{PT} \cdot \frac{R_{mp}^n}{R_y^n} \cdot \delta_{mp}, \quad (7.1)$$

где δ_{mp} – номинальная толщина стенки трубы в месте ремонта, мм;

δ_y – толщина стенки усиливающей муфты фитинга, мм;

R_{mp}^H – нормативное временное сопротивление трубы, МПа;

R_y^H – нормативное временное сопротивление металла усиливающей муфты, МПа;

k_{PT} – коэффициент, учитывающий наличие внутреннего давления между усиливающей муфтой и основной трубой:

$$k_{PT} = 1,5, \text{ при } \frac{D_{namp}^H}{D_{mp}^H} \leq 0,475, \quad (7.2)$$

$$k_{PT} = 2, \text{ при } \frac{D_{namp}^H}{D_{mp}^H} > 0,475, \quad (7.3)$$

где D_{mp}^H – наружный диаметр основной трубы, мм;

D_{namp}^H – наружный диаметр патрубка, мм.

Фитинг изготовлен из импортной стали P355NL1 с нормативным временным сопротивлением 490 МПа.

Труба газопровода изготовлена из стали 10Г2ФБ с нормативным временным сопротивлением 640 МПа.

Исходные данные:

$$\delta_{mp} = 14 \text{ мм}, R_{mp}^H = 640 \text{ МПа}; R_y^H = 490 \text{ МПа}; D_{mp}^H = 820 \text{ мм}; D_{namp}^H = 530 \text{ мм}.$$

Определим по (7.2) и (7.3) коэффициент, учитывающий наличие внутреннего давления:

$$\frac{D_{namp}^H}{D_{mp}^H} = \frac{400}{820} = 0,488 > 0,475, \text{ следовательно } k_{PT} = 2.$$

Тогда, по формуле (7.1):

$$\delta_y \geq 2 \cdot \frac{640}{490} \cdot 14 \geq 28 \text{ мм}.$$

Толщина стенки усиливающей муфты фитинга равна 28 мм, таким образом, фитинг удовлетворяет условию прочности по толщине стенки усиливающей муфты.

Проведем расчет минимальной толщины стенки патрубка разрезного тройника.

Минимальная толщина стенки патрубка разрезного тройника должна быть не меньше:

$$\frac{\delta_{патр}}{\delta_{тр}} \geq \frac{R_{тр}^H}{R_{патр}^H} \cdot \left(A + B \cdot \frac{D_{патр}^H}{D_{тр}^H} \right), \quad (7.4)$$

где $\delta_{тр}$ – то же, что и в формуле (7.1);

$\delta_{патр}$ – толщина стенки патрубка фитинга, мм;

$R_{тр}^H$ – то же, что и в формуле (7.1);

$R_{патр}^H$ – нормативное временное сопротивление металла патрубка, МПа;

A, B – коэффициенты, учитывающие наличие внутреннего давления;

$D_{тр}^H$ – то же, что и в формуле (7.2);

$D_{патр}^H$ – то же, что и в формуле (7.2).

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 0,4; B = 1,273, \text{ при } \frac{D_{намп}^H}{D_{тр}^H} \leq 0,475; \\ A = -0,215; B = 2,612, \text{ при } \frac{D_{намп}^H}{D_{тр}^H} > 0,475. \end{array} \right. \quad (7.5)$$

По (7.5) определим значения коэффициентов A и B :

$$\frac{D_{намп}^H}{D_{тр}^H} = \frac{400}{820} = 0,488 > 0,475, \text{ следовательно } A = -0,215, B = 2,612.$$

Таким образом, согласно формуле (7.4) определим минимальную толщину стенки патрубка разрезного тройника:

$$\frac{\delta_{намп}}{14} \geq \frac{640}{490} \cdot \left(-0,214 + 2,612 \cdot \frac{400}{820} \right);$$

$$\frac{\delta_{намп}}{14} \geq 1,38;$$

$$\delta_{намп} \geq 1,38 \cdot 14 \geq 19,4 \text{ мм}.$$

Толщина стенки патрубка фитинга STOPPLE равна 19,4 мм, что больше расчетного значения.

Таким образом, разрезной тройник фирмы TDWilliamsson удовлетворяет условиям прочности по толщине стенки усиливающей муфты и по толщине стенки патрубка.

8 Описание регулятора давления

В соответствии с характеристиками газопровода и перекачиваемого по нему продукта и требованиями потребителя был подобран регулирующий клапан Mokveld RZD-REQX 32" ANSI 600 под приварку, с пневмоприводом M425-DV на срок эксплуатации – 30 лет.

Максимальное давление на входе $P_{ex}^{max} = 8,3 \text{ МПа}$, максимальное давление на выходе $P_{вых}^{max} = 7,5 \text{ МПа}$.

Конструкция данного изделия представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 – Конструкция осевого регулирующего клапана Mokveld

Регулирующие клапаны осевого типа фирмы Mokveld отличаются следующими основными особенностями:

- осевое течение: при спрямленном осесимметричном течении среды через полнопроходной расширенный корпус отсутствует турбулентность, что, устраняя эрозионный износ и вибрацию, снижает простои и затраты на техобслуживание;

- высокая пропускная способность: пропускная способность клапана осевого типа на 50 % – 100 % больше, чем у обычного седельного клапана. Поэтому можно выбрать клапан меньшего размера;

- точность регулирования: так как трим разгружен по давлению, точность регулирования высокая даже при минимальной степени открытия. Это позволяет использовать для крупных клапанов небольшие приводы с возвратными пружинами;

- широкий диапазон регулирования: большая пропускная способность в сочетании с высокой точностью регулирования позволяют использовать один клапан в широком диапазоне рабочих режимов;

- низкий уровень шума: осевое течение среды через клапан исключает турбулентность и, соответственно, преобразование энергии в корпусе клапана. Давление редуцируется только на триме. Динамический шум от корпуса снижен до минимума;

- компактность: конструкция цельнолитого корпуса обеспечивает снижение веса на 20 % – 70 % по сравнению с седельными клапанами;

- другие особенности: каждый клапан, трим и привод выбираются индивидуально для конкретных условий регулирования [11].

Основные компоненты регулирующего клапана осевого типа Mokveld представлены на рисунке 14.

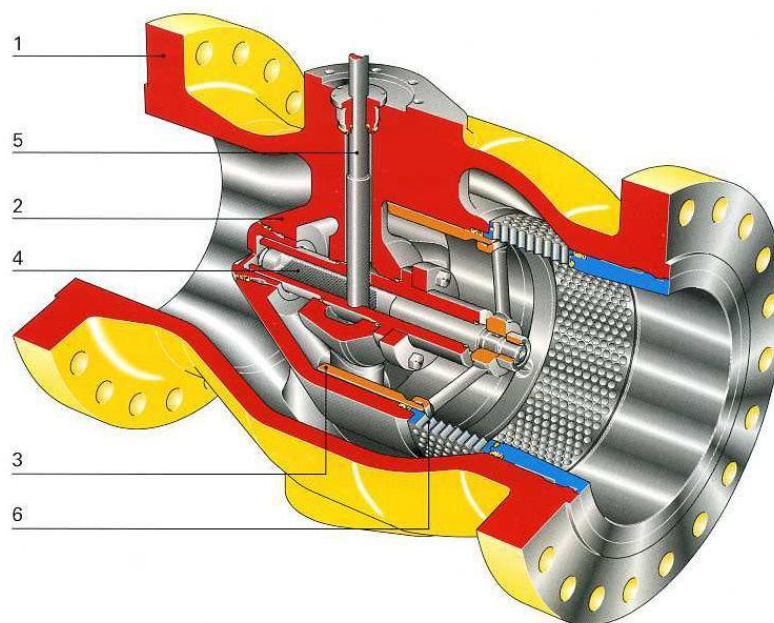


Рисунок 14 –Основные компоненты осевого регулирующего клапана Mokveld:
1 – наружный корпус, 2 – внутренний корпус, 3 – поршень, 4 – шток поршня,
5 – шпindelь клапана, 6 – сепаратор.

9 Экономическая часть

9.1 Общие сведения о методах ремонта на трубопроводе

В данном разделе рассчитывается экономическая эффективность замены регулятора давления газа на магистральном газопроводе по технологии TDWilliamson.

Ремонтные работы, выполняемые на действующих трубопроводах, проводятся с целью устранения дефектов, модернизации, замены поврежденных участков трубопровода, замены арматуры и любого другого оборудования, установленного на трубопроводе.

Большая часть ремонтных работ трубопровода осуществляется заменой дефектного участка трубы, либо заменой неисправного оборудования. Для безопасного производства работ необходимо остановить процесс перекачки транспортируемой среды. При использовании традиционных методов ремонта,

требующих временной остановки перекачки, в большинстве случаев необходимо отключение большого участка трубопровода, давление в котором должно быть снижено, а транспортируемый продукт откачан, только в этом случае может быть гарантирована безопасность при проведении сварочных работ.

В связи с этими факторами организации, эксплуатирующие трубопроводы стараются использовать доступные и безопасные технологии, которые позволяют избежать остановки технологического процесса перекачки и сократить сроки ремонта.

В данной работе в качестве альтернативы существующим методам ремонта дефектных участков трубопровода предлагается ремонт по технологии TDWilliamson. Эта технология предусматривает использование специального оборудования, позволяющего выполнять любые ремонтные работы на действующих трубопроводах без остановки производственного цикла.

9.2 Основные преимущества проведения ремонта трубопровода без остановки перекачки

Преимуществами предлагаемой технологии являются отсутствие потерь транспортируемой среды и строгих временных ограничений, что позволяет качественно, в полном объеме и, следуя требованиям нормативных документов, проводить ремонтные работы любого уровня сложности.

Также к преимуществам технологии TDWilliamson относится предотвращение экономических потерь. Исключаются потери от не поставленного продукта в период выполнения ремонтных работ. Если на время производства работ требуется остановка перекачки продукта, владелец трубопровода не может транспортировать и продавать перекачиваемый продукт. Общий ущерб можно сопоставить стоимости не поставленного потребителю продукта.

Кроме того, при проведении ремонта по технологии бесперебойной перекачки существенно снижаются штрафы за загрязнение окружающей среды и затраты на оплату труда рабочего персонала и дополнительную технику. Это объясняется тем, что при ремонте с остановкой перекачки необходимо уложиться в строго определенные сроки работы. Для этого привлекаются дополнительные силы, приходится оплачивать сверхурочные часы работы. По технологии TDWilliamson необходимость в этом исключается.

Таким образом, проведение ремонта без остановки перекачки имеет ряд экономических и технологических преимуществ над ремонтом с остановкой перекачки продукта. Далее произведем экономическое обоснование применения предлагаемой технологии при замене регулятора давления газа на магистральном газопроводе «Ванкор – Хальмерпаютинское м/р».

9.3 Затраты на проведение ремонта

Для определения экономической эффективности ремонта на газопроводе без остановки перекачки газа проведем расчет затрат на его проведение и сравним полученные результаты с затратами на ремонт с остановкой транспортировки продукта.

Затраты на проведение мероприятий по замене оборудования на газопроводе связаны с его приобретением и проведением строительно-монтажных работ. Они находятся по формуле (9.1):

$$K = K_p + K_{об}; \quad (9.1)$$

где K – общие затраты, руб.;

K_p – затраты на проведение строительно-монтажных работ, руб.;

$K_{об}$ – затраты на приобретение оборудования и расходных материалов, руб.

Стоит отметить, что организация, эксплуатирующая магистральный газопровод обладает широкой материально-технической базой, следовательно, работы по замене производятся персоналом и силами компании без привлечения сторонних организаций и аренды дополнительной техники.

9.3.1 Расчет затрат на замену регулятора давления газа без остановки перекачки по технологии TDWilliamson

Затраты на проведение строительно-монтажных работ при замене регулятора давления газа сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Затраты на проведение строительно-монтажных работ при замене без остановки перекачки

№ п/п	Наименование объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.
1	Подготовительные работы	
1.1	Земляные работы, планировка площадки	85,842
1.2	Транспортировка оборудования	61,194
1.3	Зачистка изоляции	74,623
1.4	Дробеструйная обработка поверхности трубопровода	51,42
1.5	Предварительный подогрев	27,622
Итого по п.1		300,7
2	Работы по ремонту газопровода	
2.1	Сварочные работы	2665,8
2.2	Монтажные работы	2798,8
2.3	Изоляционные работы	2178,6
Итого по п.2		7643,1
3	Заключительные работы	

Окончание таблицы 1

№ п/п	Наименование объектов, работ и затрат	Сметная стоимость, тыс. руб.
3.1	Контроль сварных соединений	527,38
3.2	Земляные работы (засыпка траншеи и т.д.)	86,479
Итого по п.3		613,86
4	Прочие работы и затраты (ГСМ и т.п.)	328,49
Итого:		8886,2

9.3.2 Затраты на приобретение оборудования и расходных материалов

Оборудование для проведения ремонта без остановки перекачки является достаточно дорогостоящим. На данный момент оборудование фирмы TDWilliamson уже закуплено предприятием, поэтому при расчете затрат на проведение одного ремонта стоимость этого оборудования учитываться не должна. Однако при проведении каждого ремонта трубопровода для оборудования TDW требуется комплект расходных материалов.

Необходимые материалы и оборудование представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Затраты на приобретение оборудования и расходных материалов при ремонте без остановки перекачки

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол- во	Стоимость, тыс. руб.
1	Заменяемый регулятор давления	шт.	1	1500
2	Фитинг STOPPLE 32×16с фланцем LOCK-O-RING	шт.	2	1622,4
3	Фитинг STOPPLE 32х32 с фланцем LOCK-O-RING	шт.	2	1684,9

Продолжение таблицы 2

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, тыс. руб.
4	Комплект машины для врезки T1200 (для сверления отверстий Ø 300 - 900 мм и комплект для установки пробки)	шт.	2	2209,8
5	Ручной сверлильный станок T101b в комплекте со спиральным сверлом, адаптером, держателем заглушки THREAD-O-RING 2"	шт.	2	2018,56
6	Комплект инструмента и принадлежностей Ø 32" и Ø 16" (фреза, держатель фрезы, направляющее сверло, держатель заглушки LOCK-O-RING)	компл	2	2379,78
7	Комплект инструмента и принадлежностей Ø32" «STOPPLE» для перекрытия сечения трубопровода с запорной головкой	компл	2	2698,5
8	Задвижка типа «SANDWICH» Ø 32"	шт.	2	2167,3
9	Задвижка типа «SANDWICH» Ø 16"	шт.	2	1896,7
10	Задвижка типа «Newman» Ø 2"	шт.	2	33,9
11	Пробка LOCK-O-RING Ø 32" с ниппелем под приварку купона Ø 32"	шт.	2	233,7
12	Пробка LOCK-O-RING Ø 16" с ниппелем под приварку купона Ø 16"	шт.	2	215,6
13	Глухой фланец в комплекте с крепежом и прокладкой Ø 32"	шт.	2	153
14	Глухой фланец в комплекте с крепежом и прокладкой Ø 16"	шт.	2	134,4
15	Патрубок THREAD-O-RING 2" в комплекте с заглушкой и глухим колпаком	шт.	2	59,49
16	Гибкий шланг линии выравнивания давления Ø 50мм	шт.	2	74,37

Окончание таблицы 2

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол- во	Стоимость, тыс. руб.
17	Гайковерт гидравлический	шт.	1	102
Итого:				19184,4

9.4 Расчет затрат на монтажные работы

9.4.1 Амортизационные отчисления

Оборудование фирмы TDWilliamson относится к основным средствам компании со сроком использования более 12 месяцев. В комплект данного оборудования входит машина для врезок T1200, силовая установка TDWilliamson, механизм закупорки STOPPLE. Для этих основных средств рассчитывается сумма амортизационных отчислений за время проведения ремонта. Время проведения работ по замене регулятора давления газа на магистральном газопроводе составляет 2 дня (48 часов) или 4 рабочих смены. Средний срок эксплуатации оборудования – 10 лет. Следовательно, годовая норма амортизации составляет 10 % для данного оборудования. Стоимость оборудования TDWilliamson без НДС равна 250 млн. руб.

Сумма амортизационных отчислений по каждому виду основных средств за год рассчитывается линейным методом по формуле (9.2):

$$AO = \frac{C_{oc} \cdot H_a}{100}; \quad (9.2)$$

где C_{oc} – первоначальная стоимость основного средства, руб.;

H_a – годовая норма амортизационных отчислений, %.

Годовая норма амортизационных отчислений вычисляется по формуле (9.3):

$$H_a = \frac{100}{\text{срок службы}}; \quad (9.3)$$

Амортизационные отчисления за время проведения ремонта вычисляются по формуле (9.4):

$$AO_{48} = \frac{C_{oc} \cdot H_a}{247} \cdot 2; \quad (9.4)$$

где C_{oc} – то же, что и в формуле (9.2);

H_a – то же, что и в формуле (9.2);

247 – количество рабочих дней в текущем году.

Рассчитанные по формулам (9.3) и (9.4) значения сводятся в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчет амортизационных отчислений при ремонте без остановки перекачки

Виды основных средств	Кол-во, шт	Стоимость единицы, без НДС руб.	Срок эксплуатации, лет	Годовая норма амортизации, %	Сумма АО за 48 часов, руб.
Оборудование TDW	1	250000000	10	10	171 550
КАМАЗ 5551	2	460000	8	12,5	789
Автокран «Ивановец» 25т.	1	3500000	10	10	2 402
Экскаватор ЭО-4225	1	1050000	12	8,3	600
Компрессор ДЭН-5,5Ш	1	136220	6	16,7	312

Окончание таблицы 3

Виды основных средств	Кол-во, шт	Стоимость единицы, без НДС руб.	Срок эксплуатации, лет	Годовая норма амортизации, %	Сумма АО за 48 часов, руб.
Бульдозер Т-170	1	1550000	12	8,3	886
Сварочный пост	1	191330	10	10	278
Пожарные машины	2	1750000	10	10	2 402
Итого:					179219

9.4.2 Расчет затрат на оплату труда

Для расчета фонда оплаты труда необходимо определиться с персоналом, осуществляющим ремонтные мероприятия. Состав ремонтной бригады при обоих методах ремонта идентичен. Кроме того, ориентировочная продолжительность ремонта в обоих случаях ограничивается 48 часами. То есть принимаем, что при обоих методах ремонт занимает 48 часов.

Так как состав ремонтных бригад одинаков, следовательно, фонд оплаты труда на проведение ремонта не будет отличаться в обоих случаях.

Рассчитаем фонд оплаты труда ремонтной бригаде на проведение 48-часового ремонта и сведем значения в таблицу 4.

На предприятии принята пятидневная рабочая неделя с рабочей сменой по 12 часов. Таким образом, ремонт проводится за 4 рабочих смены или 2 полных дня.

Учтем, что в текущем году 247 рабочих дня.

Таблица 4 – Расчет ежемесячных затрат на оплату труда

Категория персонала	Кол-во	Оклад, руб.	Районный коэф. 60% от оклада, руб.	Северная надбавка 30% от оклада, руб.	Итого за 48 часов, руб.
Сварщик	4	45000	27000	13500	33231
Крановщик	1	32000	19200	9600	5908
Экскаваторщик	1	35000	21000	10500	6462
Бульдозерист	1	30000	18000	9000	5538
Водитель	2	28000	16800	8400	10338
Слесарь-монтажник	2	30000	18000	9000	11077
Стропальщик	1	27000	16200	8100	4985
Итого:	12				77538

Расчет месячного фонда оплаты труда Φ_{OT} производится по формуле (9.5):

$$\Phi_{OT} = O + CH + PK; \quad (9.5)$$

где O – оклад, руб;

PK – районный коэффициент, руб;

CH – северная надбавка, руб.

9.4.3 Расчет страховых взносов

Базой для расчета страховых взносов и взносов на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний является фонд оплаты труда. В таблицу 5 сведены полученные значения страховых взносов.

Таблица 5 – Страховые взносы за период проведения ремонта

Основной фонд оплаты труда	Страховые взносы (30 % от ФОТ)	Взносы на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (0,2 % от фонда оплаты труда)
77,538	23,262	0,1551

9.5 Расчет затрат на ремонт с остановкой перекачки транспортируемого продукта

В таблицах 6, 7 и 8 представлены затраты при проведении работ по замене регулятора давления газа с остановкой перекачки.

Таблица 6 – Затраты на проведение строительно-монтажных работ при ремонте с остановкой перекачки

№ п/п	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость при ремонте с остановкой перекачки, тыс. руб.
1	Подготовительные работы	
1.1	Земляные работы, планировка площадки	78,9
1.2	Транспортировка оборудования	38,7
1.3	Зачистка изоляции	42,6
1.4	Дробеструйная обработка поверхности трубопровода	37,8
1.5	Предварительный подогрев	25,7
Итого по п. 1		223,7
2	Работы по ремонту газопровода	
2.1	Сварочные работы	2027,9
2.2	Монтажные работы	1797,4

Окончание таблицы 6

№ п/п	Наименование глав, объектов, работ и затрат	Сметная стоимость при ремонте с остановкой перекачки, тыс. руб.
2.3	Изоляционные работы	1940,8
Итого по п.2		5766,1
3	Заключительные работы	
3.1	Контроль сварных соединений	156,0
3.2	Земляные работы (засыпка траншеи и т.д.)	86,5
Итого по п.3		242,4
4	Прочие работы и затраты (ГСМ и т.п.)	277,3
Итого:		6752,8

Таблица 7 – Затраты на приобретение оборудования и расходных материалов при ремонте с остановкой перекачки

№ п/п	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Стоимость, тыс. руб.
1	Заменяемый регулятор давления	шт.	1	1500
Итого:				1500

Таблица 8 – Расчет амортизационных отчислений при ремонте с остановкой перекачки

Виды основных средств	Кол- во, шт	Стоимость единицы, без НДС руб.	Срок эксплуа- тации, лет	Годовая норма аморти- зации, %	Сумма АО, за 48 часов руб.
Передвижная компрессорная установка	1	7586610,2	10	10	8 917
КАМАЗ 5551	1	389831	8	12,5	1 818
Автокран «Ивановец» 25т.	1	2966102	10	10	5 534

Окончание таблицы 8

Виды основных средств	Кол-во, шт	Стоимость единицы, без НДС руб.	Срок эксплуатации, лет	Годовая норма амортизации, %	Сумма АО, за 48 часов руб.
Экскаватор ЭО-4225	1	889831	12	8,3	1 378
Компрессор ДЭН-5,5Ш	1	115441	6	16,7	360
Бульдозер Т-170	1	1313559	12	8,3	2 034
Сварочный пост АДД-2х2502+ВГ	1	343720	10	10	303
Пожарные машины	2	1483051	10	10	5 534
Итого:					25 878

Сведем в таблицу 9 затраты на мероприятия по ремонту газопровода без остановки перекачки и затраты на ремонт с остановкой перекачки транспортируемого продукта. По данным этой таблицы можно сравнить разницу в затратах при проведении замены регулятора давления двумя способами.

Таблица 9 – Сравнительный анализ затрат на проведение работ по замене регулятора давления газа

№ п/п	Наименование работ и затрат	Сметная стоимость при ремонте с остановкой перекачки, тыс. руб.	Сметная стоимость при ремонте без остановки перекачки, тыс. руб.
1	Подготовительные работы	223,7	300,7
2	Работы по ремонту газопровода	5766,1	7643,2
3	Заключительные работы	242,4	613,8
4	Прочие работы и затраты	277,3	328,5
5	Амортизационные отчисления	12,1	179,2

Окончание таблицы 9

№ п/п	Наименование работ и затрат	Сметная стоимость при ремонте с остановкой перекачки, тыс. руб.	Сметная стоимость при ремонте без остановки перекачки, тыс. руб.
6	Фонд оплаты труда	77,5	77,5
7	Страховые взносы	23,4	23,4
8	Приобретение оборудования и расходных материалов	1500,0	19184,4
	Итого:	8122,5	28350,8

Из таблицы 9 видно, что ремонт по технологии TDWilliamson обойдется компании на 20 млн. руб. дороже. Средний ремонт продолжается 48 часов, т.е. за двое суток компания понесет убытки от непоставленного потребителю газа порядка нескольких десятков миллионов рублей, если для ремонта будет остановлена перекачка. При ремонте без остановки перекачки этих убытков можно избежать, а закупленное оборудование использовать при последующих ремонтах. Таким образом, экономический эффект от использования технологии TDWilliamson является очевидным.

10 Безопасность и экологичность

Система трубопроводного транспорта нефти и газа является сложной технической системой, которая характеризуется повышенной степенью ответственности и обладает особенностями антропогенного воздействия на природную среду. Это связано, прежде всего, с технологией транспортировки продуктов, конструктивными решениями линейной части и наземных сооружений трубопроводов.

Объекты трубопроводного транспорта относятся к опасным производственным объектам, поэтому важно создавать и соблюдать условия, позволяющие снизить негативное влияние на окружающую среду, минимизировать возникновение аварийных ситуаций в процессе перекачки, а также обеспечивать безопасные условия труда работников.

10.1 Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ

Магистральный газопровод «Ванкор – Хальмерпаютинское м/р» протяженностью 108,3 км расположен на севере Красноярского края и проложен подземно в условиях вечномёрзлого грунта. При эксплуатации газопровода в условиях сурового климата оборудование нередко подвергается текущему и капитальному ремонту. Основную часть работ при ремонте или реконструкции объекта составляют сварочно-монтажные работы, большинство из которых проводится на открытых площадках.

Потенциально опасными и вредными производственными факторами при сварочно-монтажных работах являются:

- повышенная температура поверхностей сварочного оборудования;
- повышенный уровень шума, вибраций при монтаже;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха в рабочей области;
- пониженная (повышенная) температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень ультрафиолетового и инфракрасного излучения сварочной дуги;
- острые кромки и шероховатость на поверхностях заготовок стальных труб;
- взрыво- и пожароопасность [12].

По основному виду экономической деятельности установлен I класс профессионального риска, характеризующий уровень производственного травматизма, профзаболеваемости и расходов по обеспечению по программе

обязательного социального страхования. Страховые тарифы на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний составляют 0,2 % к начисленной оплате труда [13].

Аварией на газопроводе считается частичный или полный разрыв трубопровода с выходом газа в окружающую среду. Такие аварии являются источником загрязнения воздушного бассейна. При утечке газа в атмосфере увеличивается концентрация вредных компонентов природного газа, а при его горении – углекислого газа. Одной из причин аварий на газопроводе является некачественная сварка. Сварочные аэрозоли от трубосварочных установок и ручной сварки также оказывают отрицательное воздействие на воздушное пространство.

10.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ

Технология замены регулятора давления без остановки перекачки газа подразумевает вырезку непригодного объекта редуцирования, приваривание необходимых патрубков, фитингов и обводной линии, а также монтаж специального оборудования для перекрытия потока газа и нового регулятора давления.

Операции по замене проводятся на открытой производственной площадке, где на рабочий процесс оказывают влияние географические особенности данного района.

Климат резко континентальный, субарктический, характеризующийся суровой продолжительной зимой и коротким, но теплым летом. Низкие зимние температуры и небольшая мощность снежного покрова в первой половине зимы способствуют широкому распространению вечной мерзлоты, мощность которой достигает 50 – 200 метров. Среднегодовая температура воздуха составляет 7,1 °С, относительная влажность воздуха порядка 74 %, скорость ветра в теплый и холодный периоды около 4 м/с [14].

Работы, связанные с заменой узла редуцирования на газопроводе, относятся к физическим работам средней тяжести категории Пб с энергозатратами 201 – 250 ккал/ч [15].

Для обеспечения безопасности и эффективности ремонтных работ предусмотрены жилые мобильные помещения для отдыха и обогрева персонала в холодное время года. В трассовых условиях источниками тепла являются масляные электрообогреватели мощностью до 2 кВт. Освещение комбинированное: естественное, за счёт окон, и искусственное от внешних источников электрической энергии. Вентиляция естественная от вентиляционных клапанов и открывающихся окон или принудительная (в теплое время года) – от канальных вентиляторов или кондиционеров.

10.3 Санитарно-гигиенические требования к помещениям и размещению используемого оборудования

Технологический процесс по замене регулятора давления газа подразумевает большое количество оборудования для сварочных работ и монтажа, поэтому должны быть организованы система проезда транспорта к месту производства работ и временные площадки складирования материалов и отходов. От воздействия атмосферных осадков и ветра на массу складированных отходов предусматривается защита в виде укрытия из брезентовой ткани или навеса.

По степени воздействия на организм вредные вещества, выделяемые при работах на магистральном газопроводе, относятся к 3 и 4 классам опасности. ПДК в воздухе рабочей зоны варьируется в пределах от 1,1 до 10 мг/м³ и более 10 мг/м³ соответственно [16].

Электрическое освещение строительных площадок и участков должно питаться от сети переменного тока частотой 50 Гц и постоянного тока напряжением 12 В для ручных переносных светильников во взрывозащищенном исполнении [17].

Наименьшая освещенность рабочей зоны при сварочных или монтажных работах на трубопроводах составляет 30 лк на уровне рабочей поверхности в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В темное время суток предусматривается охранное освещение производственного участка 0,5 лк в горизонтальной плоскости на уровне земли [18].

При средней тяжести трудового процесса предельно допустимый уровень звука составляет 70 дБА [19].

При работе с ручным инструментом возникает локальная вибрация, воздействующая на сосуды кистей рук. Санитарные нормы виброускорения и виброскорости соответственно равны 135 дБ и 109 дБ (при длительности смены не более 8 часов) [20].

Предельно допустимый уровень инфразвука при работах с различной степенью тяжести и напряженности трудового процесса в производственных помещениях и на территории предприятий не превышает 100 дБ [21].

В помещениях, предназначенных для обогрева работников в холодное время года оптимальной температурой воздуха является 22 – 25 °С, а скорость его движения на уровне 0,2 м/с [22].

Сварщику ручной сварки (электрогазосварщику) к выдаче полагаются следующие средства индивидуальной защиты и спецодежда:

- костюм сварщика из тканей с огнезащитной пропиткой или из огнестойких тканей;
- белье нательное;
- ботинки кожаные с жестким подноском;
- наколенники;
- перчатки диэлектрические;
- перчатки для защиты от повышенных температур термостойкие или краги термостойкие;
- перчатки с полимерным покрытием;
- каска защитная;
- подшлемник под каску;

- очки защитные;
- щиток защитный лицевой с креплением на каску;
- респиратор.

На наружных работах зимой дополнительно:

- костюм сварщика из тканей с огнезащитной пропиткой на утепляющей прокладке или из огнестойких тканей на основе;
- жилет утепленный;
- белье нательное утепленное;
- краги термостойкие утепленные;
- перчатки с полимерным покрытием, нефтеморозостойкие;
- перчатки шерстяные (вкладыши);
- сапоги кожаные утепленные с жестким подноском или валенки с резиновым низом;
- рукавицы меховые [13].

10.4 Обеспечение безопасности технологического процесса

Сварочно-монтажные работы проводятся на открытой площадке, где циркуляция воздуха происходит непрерывно. Однако воздействие пыли, сварочных аэрозолей и компонентов газа на организм человека неизбежно. Наиболее распространенные компоненты пыли при сварке – это окислы железа, марганца, кремния и т.д.

Содержание марганца в сварочных аэрозолях до 20 % (масс.) не должно превышать $0,2 \text{ мг/м}^3$, ПДК двуоксида кремния в виде аэрозоля конденсации при содержании 10 – 60% не более $2,0 \text{ мг/м}^3$ [15].

При попадании через дыхательные органы больше допустимой нормы окислы марганца вызывают органические заболевания нервной системы, легких, печени и крови. Соединения кремния вызывают в результате их вдыхания силикоз легких.

Помимо аэрозолей и газов неблагоприятное влияние на работающих в сварочных производствах оказывает еще ряд явлений, не устраняющихся с помощью вентиляции, но в совокупности с вредными веществами ухудшающих условия труда. Это лучистая энергия сварочной дуги, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация, вызывающие ожоги открытых частей тела и иногда перегрев организма; шум, который в сочетании с ультразвуковыми колебаниями вызывает стойкое понижение слуха у работающих.

Для защиты персонала от негативных воздействий данных явлений необходимо соблюдать технику безопасности и использовать все средства индивидуальной защиты, предусмотренные для данного вида работ.

При небольших концентрациях газов в зоне дыхания, разрешается применять противопылевые респираторы, а в условиях высоких концентраций аэрозоля и газов рекомендуется использовать шланговые противогазы с принудительной подачей воздуха. Недостатком применяемых для индивидуальной защиты органов дыхания шланговых противогазов является отсутствие устройств для подогрева воздуха, что ограничивает возможность пользования ими в холодный период года.

Автономный сварочный агрегат с дизельным двигателем и с дополнительным электрогенератором являются основными источниками питания при проведении сварочно-монтажных работ. Агрегат осуществляет автономное питание независимых сварочных постов при резке, ручной дуговой сварке и наплавке металлов постоянным током. Номинал тока составляет 250 А (500 А). Электрооборудование работает на токе промышленной частоты 50 Гц, с напряжением 220 В. Для предотвращения попадания грязи, пыли, а также механических повреждений, сварочный агрегат покрыт кожухом из металла.

При электросварочных работах во избежание поражения электрическим током необходимо надежно заземлить корпус источника питания сварочной дуги и сварочного вспомогательного оборудования, а также свариваемые изделия. Заземление осуществляют медным проводом, один конец которого прикрепляют к специальному болту с надписью «Земля» на корпусе источника

питания сварочной дуги, а второй – к заземляющей шине. Заземление передвижных источников питания производится до их включения в силовую сеть, а снятие заземления – после отключения от силовой сети [23].

10.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности

Производство сварочных работ на газопроводе по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории А. Это обусловлено тем, что температура вспышки метана в природном газе ниже 28 °С.

По степени взрывозащищенности электрооборудование относится ко II группе, так как используется в потенциально взрывоопасной среде [24].

Причинами возникновения пожаров при производстве работ на газопроводе могут быть:

- нарушение технологического процесса сварки;
- неисправность оборудования;
- введение в технологию производства материалов без учета их пожароопасных свойств;
- нарушение правил технической эксплуатации электроустановок (перегрузки, искрение, применение электрооборудования, не соответствующего классу пожарной зоны);
- утечка газа.

Место проведения трассовых работ по возможности необходимо обеспечить системой сигнализации о пожаре, а именно газовыми пожарными извещателями, так как они выявляют распространение газа на ранних стадиях, и первичными средствами пожаротушения: огнетушителем или ящиком с песком, лопатой и ведром.

Все рабочие, занятые на месте сварочных работ, должны уметь пользоваться первичными средствами пожаротушения, и в случае пожара или загорания обязаны немедленно вызвать пожарную часть, а также принять меры по ликвидации загорания или пожара [25].

10.6 Экологичность проекта

При замене регулятора давления на магистральном газопроводе без прекращения перекачки газа происходит негативное влияние в основном на атмосферу за счёт стравливания природного газа из полости трубы, образования сварочной пыли и аэрозолей, работы дизельного двигателя сварочного агрегата.

Снизить отрицательное воздействие этих факторов можно путем применения фильтров, сварочных электродов, имеющих менее вредные вещества в их составе.

Монтажные работы характеризуются достаточно большим ассортиментом оборудования для высверливания отверстий, установок задвижек, строительства обводной линии и другими вспомогательными деталями. После окончания установки нового регулятора рабочая зона подвержена скоплению устаревшего оборудования, труб и других металлических деталей. Чтобы не допустить захламления территории линейной части магистрального газопровода, необходимо отводить специальные места складирования отходов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Любой вид ремонта на магистральном трубопроводе имеет свои особенности, поэтому необходимо правильно подобрать технологию ремонта и рассчитать все экономические и технологические риски.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан и описан технологический процесс замены узла редуцирования газа на магистральном газопроводе «Ванкор – Хальмерпаяутинское м/р» без остановки перекачки, были выявлены преимущества технологии TDWilliamson, как экономические, так и технологические и установлены нормы безопасных условий труда. Также был произведен расчет прочности стенок фитингов, который удовлетворяют всем требованиям производства работ на газопроводе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СТО Газпром 089-2010 Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. – Взамен: ОСТ 51-40-93 ; введ. 25.10.2010. – Москва, 2010. – 19 с.

2 ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия. Взамен ГОСТ 20295-74 ; введ. 01.01.87. – Москва : Издательство стандартов, 1985. – 11 с.

3 Электронный каталог продукции компании Т.Д. Вильямсон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tdwilliamson.ru/producty>

4 ВСН 006-89 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Сварка. – Введ. 01.07.1989. – Москва : Миннефтегазстрой, 1989. – 96 с.

5 ПБ 03-273-99 Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. – Введ. 04.03.1999. – Москва : ПИО ОБТ, 2000. – 32 с.

6 ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Сварные соединения. Радиографический метод. – Введ. 01.01.84. – Москва : Издательство стандартов, 1982. – 28 с.

7 TDWilliamson Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию плоской задвижки типа «SANDWICH» ; пуб.№ 00-3795-0029 – TDW, 2002. – 38 с.

8 TDWilliamson Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию машины для врезок T1200 ; пуб.№ 00-3795-02228 – TDW, 1998. – 39 с.

9 TDWilliamson Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию сверлильного механизма T101 ; пуб.№ 00-3795-02228 – TDW, 1998. – 39 с.

10 TDWilliamson Инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию механизма для закупорки STOPPLE ; пуб.№ 00-3795-0112 – TDW, 1993. – 40 с.

11 Моквелд. Регулирующие клапаны [Электронный ресурс] / СП «Моквелд Маркетинг». – Электронное пособие. – Украина, 2007. – 16 с. Режим доступа: http://mokveld.com/upload/product_document/

12 ГОСТ 12.0.003-74 Системы стандартов безопасности труда. Опасные производственные факторы. – Введ. 01.01.1976. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1976. – 4 с.

13 Безопасность жизнедеятельности : учеб.-метод. пособие для выполнения раздела «Безопасность и экологичность» выпускной квалификационной работы [Электронный ресурс] / Е. В. Мусяченко, А. Н. Минкин. – Красноярск : СФУ, 2016. – 47 с.

14 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. – Введ. 1.01.13. – Москва : Росстандарт, 2013. – 91 с.

15 ГОСТ 12.1.005 – 88 Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей среды. – Введ. 1.01.1989. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1989. – 49 с.

16 ГОСТ 12.1.007 – 76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. 1.01. 1977. – Москва : Государственный комитет СССР по стандартам, 1977. – 7 с.

17 ГОСТ 12.1.046-85 Системы стандартов безопасности труда. Нормы освещения строительных площадок. – Введ. 25.04.1985. – Москва : ВЦНИИОТ, 1985. – 14 с.

18 СНиП 23-05 – 95 Естественное и искусственное освещение. – Взамен СНиП II-4 – 79; введ. 2.08.1995. – Москва : Госстрой СССР, 1995. – 48 с.

19 СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы – Введ. 31.10.96. – Москва : Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 10 с.

20 ГОСТ 12.1.012-90 Вибрационная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.07.1991. – Москва : Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 48 с.

21 СН 2.2.4/2.1.8.583-96 Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки. Санитарные нормы. Введ. 31.10.96. – Москва : Госкомсанэпиднадзор России, 1996. – 6 с

22 СНиП 2.09.04 – 87 Административные и бытовые здания. – Взамен СНиП II-92 – 76 ; введ. 01.01.1989. – Москва : Госстрой СССР, 1989. – 30 с.

23 ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – Введ. 01.07.1982. – Москва : Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР, 1981. – 10 с.

24 ГОСТ Р 51330.0-99 Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования. – Введ. 01.01.2001. – Москва : Межотраслевой орган сертификации «Сертиум», 2001. – 46 с.

25 СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. – Введ. 25.03.2009. – Москва : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 107 с.