

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
«23» июня 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Вскрытие трубопроводов, проложенных в вечномерзлых грунтах

Руководитель доцент, канд. техн. наук О.Н. Петров

Выпускник Д.А. Хилик

Красноярск 2020

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме: «Вскрытие трубопроводов, проложенных в вечномерзлых грунтах»

Консультанты по
разделам:

Экономическая часть

И.В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

А.Н. Минкин

Нормоконтролер

О.Н. Петров

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Вскрытие трубопроводов, проложенных в вечномерзлых грунтах» содержит 72 страницы текстового документа, 46 использованных источников, 6 листов графического материала.

МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА, МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГРУНТ, ТРУБОПРОВОД, ВСКРЫТИЕ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПА, МЕТОД, НАВЕСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, УСТАНОВКА, ТЕХНОЛОГИЯ, МАШИНА.

Объект ВКР: нефтегазосборный трубопровод кустовой площадки Юрубчено-Тохомского месторождения.

Цель работы: определить технически и экономически наиболее целесообразный способ воздействия на грунт для обеспечения доступа к участку трубопровода.

В настоящей работе проанализированы механические, термические и немеханический неразрушающий способы вскрытия трубопровода; проведено сравнение их технических особенностей; сформировано техническое решение.

В разделе «безопасность и экологичность» проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, предложены инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности проведения земляных работ, приведены меры по обеспечению пожарной и взрывопожарной безопасности, и меры по предупреждению аварий и предотвращению их последствий.

В экономической части проведен расчет капитальных затрат на приобретение оборудования и расчет затрат на его эксплуатацию в течение одной операции.

СОДЕРЖАНИЕ

Реферат	3
Содержание.....	4
Введение.....	6
1 Анализ исходных данных.....	8
1.1 Общие сведения о месторождении	8
1.2 Гидрогеологические условия.....	10
1.3 Характеристика почвенного покрова.....	12
1.4 Геокриологические условия	13
1.5 Сведения о трубопроводе и проблеме	17
2 Методы решения проблемы.....	19
2.1 Механический метод с использованием гидравлического молота.....	19
2.1.1 История создания и развития	19
2.1.2 Устройство и работа гидравлического молота	22
2.1.3 Типы гидромолотов и принцип их работы	23
2.1.4 Выбор гидромолота	26
2.2 Механический метод с использованием виброрыхлителя	29
2.2.1 Области применения виброрыхлителя	29
2.2.2 Особенности и устройство виброрыхлителя	30
2.3 Термический метод с использованием гидравлической станции.....	32
2.3.1 Особенности оборудования	32
2.3.2 Краткая характеристика иных термических методов и их сравнение с гидравлической станцией.....	35
2.4 Немеханический метод с использованием вакуумного гидродинамического экскаватора.....	39
2.4.1 Общие сведения о машине и особенности ее применения	39
2.4.2 Конструктивные особенности машины.....	41
3 Техническое предложение	43
4 Безопасность и экологичность.....	46

4.1	Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ	46
4.2	Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ	48
4.3	Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования.....	48
4.4	Обеспечение безопасности технологического процесса	49
4.5	Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности	50
4.6	Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях ..	50
5	Экономическая часть	52
5.1	Расчет затрат на приобретение оборудования и его доставку	52
5.2	Расчет затрат на вскрытие трубопровода, проложенного в ВМГ	58
	Заключение	65
	Список сокращений	66
	Список использованных источников	67

ВВЕДЕНИЕ

Вечная (многолетняя) мерзлота охватывает более 60 % площади России. Она распространена, в основном, в Восточной Сибири и Забайкалье. Считается, что вечномерзлые грунты (ВМГ) – это горные породы, которые имеют отрицательную температуру, содержат лед, и сохраняют это состояние в течение нескольких лет [1]. Эпитеты «многолетняя» и «вечная» по отношению к мерзлоте во многом являются синонимичными, поэтому можно считать обоснованным применение обоих терминов.

Большинство месторождений нефти и газа расположено в северных районах страны в сложных климатических и геологических условиях. В связи с этим многие промысловые трубопроводы, проложенные под землей, могут проходить через островки многолетнемерзлых пород, что усложняет некоторые условия их эксплуатации. Особенность подземной прокладки трубопровода обусловлена тем, что такой трубопровод оказывает влияние на окружающий его грунт, образуя в определенном радиусе ореол оттаивания грунта. Это опасно для самого эксплуатируемого объекта, ведь таяние мерзлого грунта может привести к его всучиванию, образованию заболоченности, ввиду чего из-за пульсирующих давлений трубопровод будет деформирован, смещен и разрушен. Возникнет аварийная ситуация.

Обратной ситуацией является другое влияние трубопровода на грунт, при котором ввиду высокого содержания газа в мультифазной смеси, при падении давления по длине трубы снижается его температура, промораживая грунт. Это создает огромную проблему доступа к трубе работниками предприятия, эксплуатирующего этот трубопровод.

Решение проблемы актуально для месторождений с высоким газовым фактором, так как необходимость проведения каких-либо диагностических либо ремонтных мероприятий ограничивается отсутствием подходящих способов вскрытия грунта, находящегося в твердом состоянии и имеющего низкую температуру.

Цель работы: определить технически и экономически наиболее целесообразный способ воздействия на грунт для обеспечения доступа к участку трубопровода.

Задачи работы:

- провести анализ предполагаемых способов решения проблемы;
- сравнить технические особенности этих способов;
- сформировать техническое предложение по решению проблемы.

Методы и средства решения задач:

- с помощью интернет-ресурсов и технической литературы изучить способы решения проблемы, возможные к применению в заданных условиях;
- рассмотреть характеристики и особенности используемого оборудования.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Анализ исходных данных

1.1 Общие сведения о месторождении

Юрубчено-Тохомское нефтегазоконденсатное месторождение находится в Красноярском крае на расстоянии 280 км в направлении юго-запада от п. Тура, относится к Байкитской нефтегазоносной области и входит в состав Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Открытие месторождения состоялось в 1982 году, а начало освоения датируется 2009 годом.

Юрубчено-Тохомское месторождение относится к Байкитской антеклизе, которая выделяется в Камовский свод. Вкупе с другими месторождениями, – Шушукским, Оморинским, Куомбинским, Камовским, – оно создает территорию огромного скопления углеводородов, входящую в состав Юрубчено-Тохомской области нефтегазонакопления (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Байкитская антеклиза

Площадь этого ареала составляет более 20000 км². Считается, что эта территория стала первой в Российской Федерации и во всем мире, где были добыты промышленные объемы газа и нефти из отложений рифейского возраста.

С точки зрения геологического строения данная область состоит из двух структурных этажей (рисунок 1.2). Нижний этаж представляет собой протерозой-архейские породы основания, которые за длительное время претерпели множество глубоких метаморфоз. Другой этаж состоит из карбонатно-терригенных отложений осадочного чехла Сибирской платформы. Он разделен на два комплекса: рифейский, составленный в виде блоков, и вендско-фанерозойский, который имеет пологое залегание.

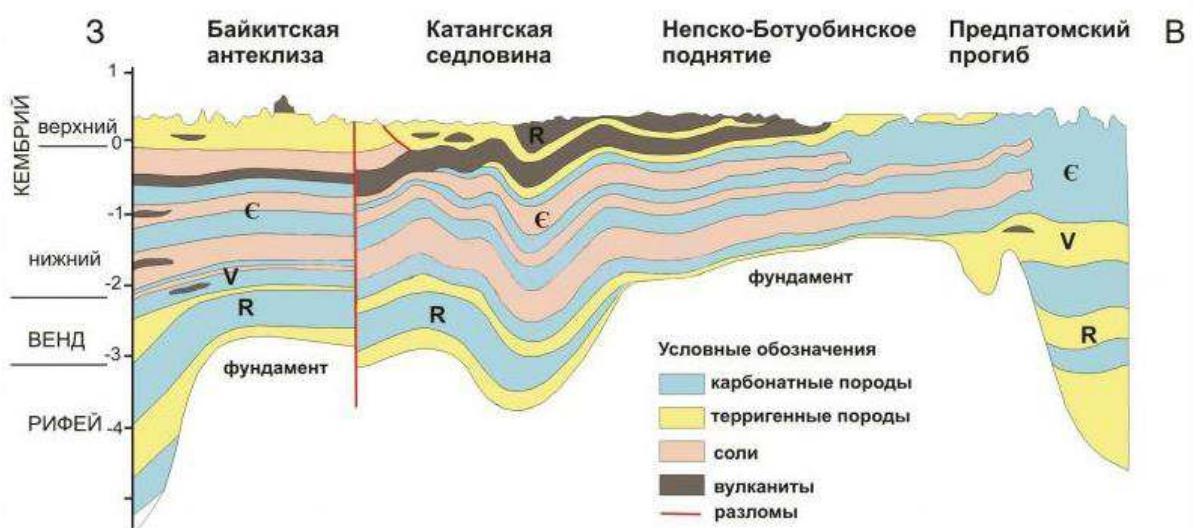


Рисунок 1.2 – Структурные этажи Сибирской платформы

Разрез свода осадочных отложений рифея Юрубченско-Тохомской области состоит из двенадцати свит: юрубченской, вэдрэшевской, қуюмбинской, мадринской, ирэмэкэнской, токурской, рассолкинской, вингольдинской, юктенской, зелендуконской, копчерской и долготинской. В составе этих свит чередуются песчаники, глинистые доломиты, доломиты, аргиллиты и мергели. В части разреза, что выше, располагаются, главным образом, карбонатные породы.

Строение вендинских отложений, которые находятся на поверхности рифея, представлено четырьмя свитами: терригенной ванаварской, оскобинской, собинской и катангской. Последние три являются преимущественно карбонатными. По вышеизложенным сведениям можно сделать вывод, что месторождение обладает сложным строением [2].

Объем извлекаемых запасов месторождения составляет 64,5 млн. тонн нефти по категории С1, 172,9 млн. тонн по категории С2, газа по категории С1+С2 – 387,3 млрд. м³ [3]. Плотность нефти при 20 °C – 821,0 кг/м³. При данной температуре кинематическая вязкость находится на уровне 7,41 мм²/с. Нефть Юрубченено-Тохомского месторождения застывает при температуре менее -48 °C. По содержанию различных веществ известно, что наибольшим объемом обладают асфальтены – 3,99 %, парафины составляют 0,84 %, а содержание серы – 0,197 % [4].

1.2 Гидрогеологические условия

Согласно гидрогеологическому районированию, Юрубченено-Тохомская зона нефтегазонакопления находится в составе Камо-Вельминского артезианского бассейна в юго-западной части Тунгусского артезианского бассейна Восточно-Сибирской артезианской области.

Качество и области распространения подземных вод контролируются гидрогеологическими условиями, которые в нынешний момент слабо изучены. Основные сложности возникают вследствие того, что в верхней части разреза находятся не только талые породы, но и островками располагается многолетняя мерзлота.

В состав надсолевой гидрогеологической формации входят водоносные комплексы, которые содержат пресную инфильтрационную воду. Эта вода в нижней части формации меняется на соленую вследствие того, что подстилающие отложения нижнего кембрия являются соленосными. На это также оказывает влияние загипсованность отложений среднего и верхнего

кембрия. Основные запасы пресной воды содержатся в палеоген-четвертичном, верхнепалеозойско-триасовом, ордовикском и надсолевом комплексах водоносности, которые имеют наиболее высокие фильтрационные характеристики. Качество залегающих здесь пресных вод является питьевым, поэтому упомянутые комплексы считаются основным источником технического и хозяйственно-питьевого снабжения водой. Пресные воды карбонатного состава расположены, в основном, выше абсолютных отметок 100...190 м.

Пресные воды надсолевой гидрогеологической формации делятся на подмерзлотные и надмерзлотные. Среди подмерзлотных вод могут быть пресные, солоноватые, соленые воды, а также рассолы. На химический состав вод главным образом влияют следующие факторы: мощность многолетней мерзлоты, рельеф, присутствие или отсутствие тектонических нарушений, состав пород и их трещиноватость. Многолетнемерзлые породы являются водоупором для надмерзлотных вод, так как те залегают на данных породах. Атмосферные осадки и воды таяния мерзлых пород являются источниками питания вод над мерзлотой. Именно состав отложений, вмещающих воды, и состав атмосферных осадков определяют химический состав надмерзлотных вод. Практически весь год воды находятся в твердом состоянии.

Для соленосной гидрогеологической формации характерны: застойный гидродинамический режим, высокий уровень минерализации (от 240 до 445 г/дм³), а также хлоридный натриево-кальциевый, кальциевый и магниево-кальциевый состав, претерпевший множество метаморфоз. Уровень минерализации растет с увеличением глубины соленосной формации.

Нижняя подсолевая гидрогеологическая формация состоит из терригенного, рифейского, карбонатного и терригенно-сульфатно-карбонатного комплексов региональной рассолоносности. Подсолевая формация характеризуется еще тем, что минерализация рассолов пласта претерпевает снижение до 180...290 г/дм³.

Важная надсолевая формация с ее пресными водами находится под влиянием многолетней мерзлоты, из чего следует вывод, что изучение и исследование территории требуют особого изучения [5, 6].

1.3 Характеристика почвенного покрова

Согласно почвенно-географическому районированию территории Юрубчено-Тохомского месторождения относится к Средне-Сибирской почвенной провинции равнинных территорий, принадлежит зоне таежных мерзлотных и палевых почв средней тайги Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области бореального географического пояса (рисунок 1.3).

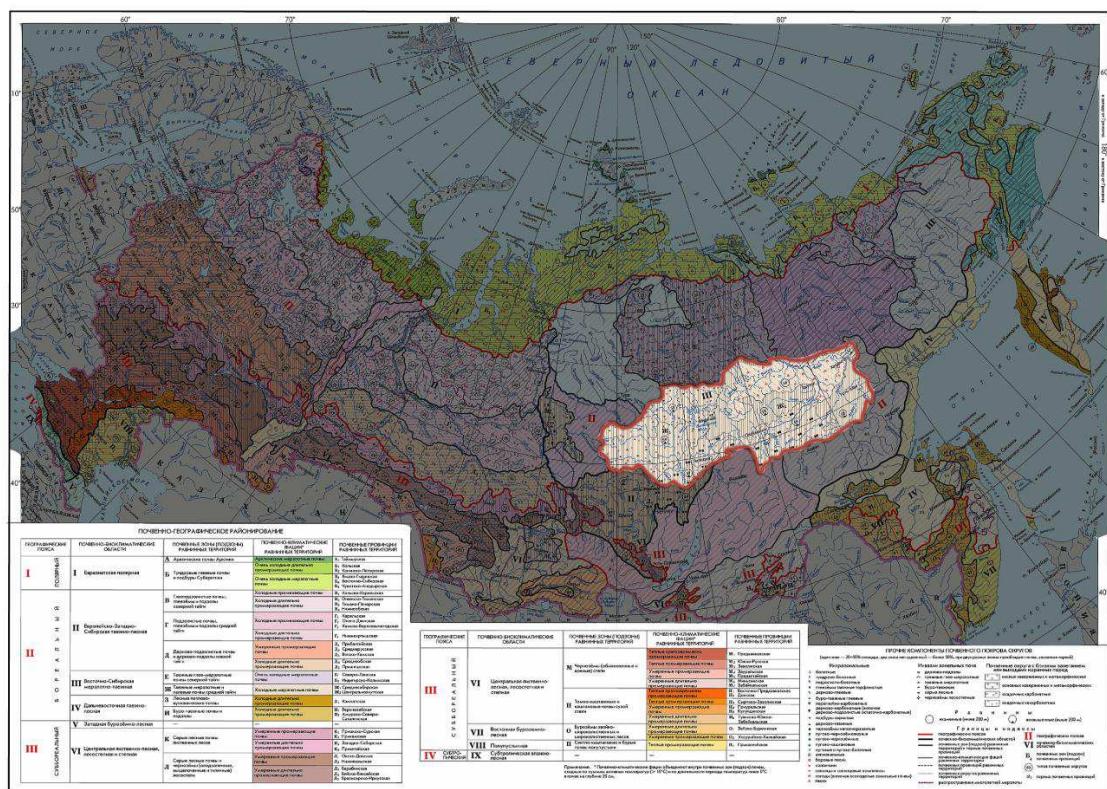


Рисунок 1.3 – Таежно-мерзлотные и палевые почвы средней тайги

Восточно-Сибирская мерзлотно-таежная область находится к востоку от реки Енисей в пределах Восточной и Средней Сибири. Можно выделить следующие ее особенности: экстраконтинентальный, холодный и относительно

сухой климат, островковое распространение многолетней мерзлоты, преобладание гор. Флора территории представлена лиственничной тайгой [7].

Зона таежных мерзлотных и палевых почв средней тайги находится на юге от северной тайги примерно между 60 и 65° северной широты. Климат зоны неоднороден: холодный месяц характеризуется колебанием температур от -25 до -45 °C, самый теплый месяц – от 14,5 до 18,5 °C. Количество осадков за год меняется от 300...400 мм до 200...350 мм.

В Средне-Сибирской провинции представлено широкое распространение мерзлотно-таежных кислых почв. Их формирование происходит на элювии плотных пород в условиях высокого уровня влажности. Профиль почвы имеет бурую окраску, слабо оглеен, криотурбирован. Почвы Средне-Сибирской провинции являются сильнокислыми, кислыми, их степень насыщенности основаниями очень низкая. С глубиной изменяется содержание гумуса, варьируясь в пределах 3...5 %. Он накапливается, в основном, над слоем мерзлых пород [8].

1.4 Геокриологические условия

Согласно геокриологическому районированию Юрубченско-Тохомское месторождение располагается в Тунгусском районе, который охватывает верховья Нижней Тунгуски и бассейн Подкаменной Тунгуски.

Территориальный климат резко континентальный с преобладанием в зимнее время Сибирского антициклона, когда во время морозной и малоснежной погоды холодный воздух застаивается в понижениях, что способствует созданию условий для развития мерзлоты. При этом выше по рельефу происходит формирование теплого слоя инверсии температуры, где ВМГ отсутствуют.

Области распространения многолетнемерзлых пород в границах Тунгусского района изменяются от редкоостровного на юго-западе до островного на северо-востоке. На западе Заангарского плато развиты острова

многолетней мерзлоты. Они встречаются в устье Подкаменной Тунгуски, в бассейнах Бахты и Вельмо. Площадь варьируется от 10 % в западной части района до 20 % в северной части. Приуроченность островов мерзлых пород к заторфованным долинам рек, к заболоченным участкам водоразделов характеризуется площадью распространения 20...35 %. На востоке, в более сухой зоне, распространению многолетнемерзлых пород свойственны массивно-островной и прерывистый характер развития. Бассейны рек Тетея, Чуя, Ерёма, Чона отмечаются тем, что мерзлые толщи в этих местах распространяются прерывисто и развиты по всему рельефу.

Температура мерзлых пород в бассейнах рек Тея и Вельмо может меняться от -0,1 до -0,3 °С. Водоразделу Центральнотунгусского плато характерно снижение температуры до -2 °С. Самые низкие температуры, около -3 °С, отмечаются в льдистых песчано-иловатых и глинистых отложениях низких террас верховьев реки Нижняя Тунгуска. Для большей части территории характерно понижение температуры от водоразделов к днищам долин. Это связано с тем, что понижение среднегодовой температуры, увеличение мощности мерзлоты и понижение температуры в течение года происходят вследствие увеличения мощности горизонта торфа.

Изменение температуры мерзлоты, чья мощность не превышает 50 м, либо отличается безградиентным характером, что говорит о неустойчивой деградации мерзлых пород, либо выделяется геотермическим градиентом 3...5 °С на 100 м, свидетельствующим о том, что увеличивается суровость геокриологических условий. В сложившихся условиях климата освоение территории, с учетом изменения ландшафта влажности грунта, может способствовать и сохранению, и деградации мерзлоты.

Смена процессов многолетнего промерзания и протаивания горных пород обусловлена тем, что в Тунгусском районе характер теплообмена постоянно менялся по ходу истории охлаждения. Поэтому в большей части территории мерзлота сформировалась только в голоцене после термического максимума. Ее особенности, связанные с развитием и распространением, соотносятся с

изменением уровня теплообменных процессов во время позднего голоцена и современных территориальных природных условий. Формирование и сохранение этих природных условий обуславливается тем, что здесь господствуют суровый климат, большая заболоченность поверхности, заторфованность отложений суглинков. Оказывает влияние также слабый водообмен в горных породах ввиду того, что рельеф равнинный, врез речных долин довольно слабый, а неотектонический этап территориальной эволюции находится на стабильном уровне.

Мерзлые толщи Тунгусского района отличаются одноярусным строением и состоят только из многолетнемерзлых пород. Мощность мерзлоты варьируется от 10...25 до 100 м. По долине реки Нижней Тунгуски мощность мерзлоты претерпевает изменения к северу от 15 м около деревни Подволовшино до 40 м в районе реки Нижняя Кривая. В северном направлении от реки Тетея мерзлота достигает мощности в 100 м, а редкие талики малого размера могут встретиться лишь под руслами средних и крупных рек. Мощность многолетней мерзлоты к югу от междуречья Тетеи и Большой Еремы претерпевает снижение до 50 м, образуя появление сквозных таликов. На юге от Большой Еремы можно встретить острова мерзлых пород, мощность которых составляет 30...50 м. Талики здесь находятся не только под речными руслами, но и на сухих водораздельных участках, отличающихся хорошей дренированностью. Определено, что по долине реки Гаженка мощность многолетней мерзлоты примерно 16...18 м, в направлении днища она увеличивается до 34...42 м. Для нижнего течения Подкаменной Тунгуски характерна небольшая мощность мерзлоты.

Резкое увеличение мощности мерзлых толщ в виде скачков в направлении севера от пространства между Подкаменной Тунгусской и Нижней происходит за счет сохранения позднеплейстоценовой мерзлоты в нижней области разреза. Креолитовая зона здесь состоит в некоторых местах из двух ярусов. Мощность верхнего яруса голоценовой мерзлоты может меняться от

70...100 м в днищах речных долин до 100...200 м голоцен-плейстоценовой мерзлоты между реками.

На основной части Тунгусского района сезонное оттаивание многолетней мерзлоты находится на уровне 1...1,5 м. На южных склонах верхняя поверхность многолетней мерзлоты, состоящая из глины, находится на глубине 2...2,5 м, на северных склонах глубина составляет от 0,4 до 0,9 м. На торфяных территориях оттаивание грунта очень слабое и находится в районе 0,4...0,6 м. Речные долины, состоящие из песка и гальки, отличаются сезонным протаиванием в 3...4 м. Большая часть района характеризуется сливающимся типом мерзлых толщ. Несмотря на это, под речными руслами, местами на террасах рек, которые сложены песчаниками, глубина верхней поверхности многолетней мерзлоты составляет от 3 до 6 м и не сливается со слоем, который промерзает за зимний период.

Распространение криогенных образований в Тунгусском районе довольно широкое. Курумы, – каменные остроугольные глыбы, – в некоторых местах покрывают склоны массивов траппов, на крутых областях происходит их переход в осипные скопления.

Развитие торфяников, а также верховых, переходных и низинных болот, обусловлено наличием многолетней мерзлоты. Заболоченность характерна, главным образом, для поверхностей плоских междуречий, которые сложены внедрением траппов в пласт. Склонам водоразделов присуща замшелость, а рядом находящимся областям – переходная заболоченность. Низинные болота встречаются в речных долинах и поймах. Считается, что эти болота свидетельствуют о последней стадии зарастания, происходящего с большими водоемами или озерами термокарста. Мощность торфяного слоя на болотах находится в пределах 1,5...3 м, иногда 4...5 м. Существует мнение, что эти области считаются реликтовыми торфяниками.

На таких торфяниках, в болотах, на суглинистых склонах района происходит морозобойное растрескивание грунта. У эволюции микрорельефа по трещинам морозобойности есть особенность – отсутствие валиков. В

трещинных полостях находится жильный лед или оплавивший суглинок с гумусом.

Для Тунгусского района характерно обширное распространение солифлюкции – стекания грунта, содержащего много воды, по мерзлой поверхности склонов, сцепленных ледяными образованиями. В тайге солифлюкция происходит с малой скоростью. Летом, во время нагрева пород на склонах, ее скорость увеличивается.

В днищах долин развиваются пойменные отложения в виде льда и термокарст. Его образование является следствием оттаивания льдов.

Все вышеперечисленные особенности свидетельствуют о непростых геокриологических условиях территории [9].

1.5 Сведения о трубопроводе и проблеме

Проблема вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ, является распространенным явлением на многих участках промысловых трубопроводов Юрубчено-Тохомского месторождения. Примером может служить система сбора нефти и газа на кустовой площадке.

Объектом исследования является трубопровод с диаметром 273 мм и толщиной стенки 8 мм. Длина составляет 2300 м. Класс прочности данной трубы – K52. Для данного класса прочности характерны предел текучести, составляющий 353 МПа, или 36 кгс/мм², и временное сопротивление разрыву, составляющее 510 МПа, или 52 кгс/мм² [10]. Труба стальная, бесшовная, нефтегазопроводная повышенной эксплуатационной надежности из стали марки 13ХФА по ТУ 1317-006.1-593377520 – 2003.

Для защиты нефтегазосборного трубопровода от коррозии на участке пропуска очистного устройства предусмотрены трубы с заводским наружным двухслойным полиэтиленовым покрытием по ТУ 1390-003-52534308 – 2008. На участках, где пропуск очистного устройства не предусмотрен, а также для защиты обвязки камер запуска, приема средств очистки и диагностики (СОД),

используются трубы не только с заводским наружным двухслойным полиэтиленовым, но и внутренним двухслойным эпоксидным покрытием по ТУ 1390-003-52534308 – 2008. Для защиты изоляции трубопровода, прокладываемого в грунтах, включающих фрагменты скальных пород, и в ВМГ, предусмотрена футеровка трубопровода скальным листом СЛ-273.

На основании проектных расчетов на прочность и устойчивость, глубина заложения до верхней образующей нефтегазосборного трубопровода составляет 0,8 м и более. Ширина траншеи по дну составляет не менее 0,7 м в соответствии с СП 34-116-97. Откосы приняты в соответствии с требованиями СниП 3.02.01-87, СниП 12-03-2001 [11]. Так как по прошествии времени СП 34-116-97 и СниП 3.02.01-87 были отменены, в качестве правил, которыми стоит руководствоваться при производстве работ, приняты ГОСТ Р 55990-2014 и СП 45.13330.2017 соответственно [12, 13].

В соответствии с п. 7.1.5 ГОСТ Р 55990-2014 трубопровод относится к категории Н. Отдельные участки нефтегазосборного трубопровода (узлы запорной арматуры и участки длиной не менее 15 м от границ узлов запорной арматуры; узлы запуска и приема СОД, а также участки трубопровода по 100 м, примыкающие к ним; пересечения с воздушными линиями электропередач, пересечения с подземными коммуникациями) относятся к категории С настоящего стандарта. С учетом того, что участки трубопровода категории С перекрывают друг друга, на всем протяжении трасс нефтегазосборный трубопровод отнесен к категории С.

Проектные значения глубины траншеи, в которой пролегает трубопровод, меняются по длине и варьируются от 1,30 до 1,87 м.

Максимальное расчетное давление в трубопроводе составляет 4,0 МПа. Рабочее давление – 1,0 МПа.

Состав перекачиваемой нефтегазодобывающей смеси: объем жидкости – 143 м³/сут., масса нефти – 77 т/сут., объем попутного нефтяного газа – 147000 м³/сут.

Предметом исследования является грунт, который окружает и под которым находится рассматриваемый нефтегазосборный трубопровод. Необходимость вскрытия грунта связана с тем, что нужно провести диагностику и ремонт трубопровода. В нынешний момент, в условиях высокого газового фактора на Юрубченко-Тохомском месторождении в перекачиваемой мультифазной смеси содержится большое количество газа, что отмечено в вышеуказанных характеристиках. Ввиду этого, при падении давления по длине трубопровода, газ расширяется и охлаждается до отрицательных температур, что приводит к промораживанию грунта вокруг трубы до такого состояния, которое вызывает трудности при необходимости обеспечения доступа к ней.

Стоит отметить, что в сложившейся ситуации возможно одновременное действие двух явлений: низкая температура многолетнемерзлого грунта, а также промораживание трубы вследствие охлаждения расширяющегося газа. Высокая твердость грунта делает невозможным использование не только ручного откапывания трубы лопатами, но и такого оборудования, как экскаватор. В связи с этим необходимы альтернативные способы воздействия на грунт: механические, термические, комбинированные.

2 Методы решения проблемы

2.1 Механический метод с использованием гидравлического молота

2.1.1 История создания и развития

Нередко различные земляные работы в строительной, горнодобывающей и многих других отраслях промышленности, проходят в сложных климатических условиях. Множество проблем возникает во время проведения работ в зимний период, особенно в условиях Крайнего Севера. В этот период оборудование вынуждено работать с низкотемпературными грунтами, при больших нагрузках на различные узлы и устройства увеличивается износ

оборудования. Многие универсальные машины, имеющиеся у предприятий, зачастую не справляются с поставленной задачей по разработке грунта, что показывает необходимость применения более подходящего оборудования, примером которого является гидромолот.

Гидравлический молот (гидромолот) – это вид сменного рабочего оборудования для использования его на экскаваторах, погрузчиках и других установках. Он применяется в обработке металлов, твердых грунтов и горных пород, а также в забивании свай.

История создания гидромолота связана с являющимся его предшественником пневматическим молотом. Наряду с множеством достоинств, пневматические молоты имели несколько недостатков, ставших предпосылками для создания более совершенного оборудования. К отрицательным сторонам пневмомолота относились:

- необходимость подачи смазывающих веществ к поверхностям трения цилиндров и поршней со сжатым воздухом;
- низкое рабочее давление – 5...7 бар;
- сопровождение выброса сжатого воздуха в атмосферу высоким уровнем шума;
- низкий коэффициент полезного действия (КПД).

В начале XX века пневматическое и механическое оборудование почти повсеместно было заменено на гидропривод, за исключением ручных и навесных молотов. Только ближе к концу 50-х годов прошлого столетия стали появляться патенты и заявки на создание молотов, использующих гидравлический привод. Примером является патент на сваебойный молот, использующий гидравлический привод, полученный компанией из США под названием Raymond. В данном устройстве гидрораспределитель управляется кулачковым механизмом по положению бойка. В 1962 году компанией были проведены испытания такого гидромолота во время забивания свай на Атлантическом побережье страны.

Когда ВНИИ Стройдормаш в 1964 году была получена информация об этом, они начали разработку собственного гидромолота. При этом вместо поршневых пневмоаккумуляторов и мембранных пневмогидроаккумуляторов, было принято решение использовать в конструкции гидромолота упругие свойства рабочей жидкости, сжатие которой происходит в замкнутом объеме и под большим давлением. В 1967 году молот был изготовлен и испытан (рисунок 2.1). Результаты испытаний подтвердили правильность разработки. В будущем появились экспериментальные образцы гидравлических молотов с различными значениями ударной энергии. Серийное производство гидромолотов началось на заводах экскаваторов в 1977 году после новостей о том, что немецкие и французские коллеги выпустили свои гидромолоты. Одним из предприятий-разработчиков советского гидромолота стал Красноярский филиал ВНИИ Стройдормаша.



Рисунок 2.1 – Экспериментальный гидромолот ВНИИ Стройдормаш

К 90-м годам XX века производство гидромолотов было реализовано на многих заводах СССР. Предпринимались попытки модернизации, заключающейся в увеличении ударной энергии, в содружестве с зарубежными

производителями, но по неизвестным причинам успеха они не добились. К тому времени, когда многие компании за рубежом настроили производство гидромолотов, отечественные разработки были мелкосерийными либо представляли собой единичные экспериментальные образцы. Это связано с тем, что гидромолот является сложным техническим устройством, которое требует применения сталей высокого качества, а также высокого уровня детальной обработки. Важно и то, что на тот момент у СССР отсутствовал экономический стимул для развития производства такого оборудования.

Большинство зарубежных гидромолотов сделано по принципиальной схеме, которую впервые реализовала компания Krupp. Различаются они только в конструкции некоторых узлов и их расположении. По такой же схеме работают и российские гидромолоты «Импульс». В нынешний момент производство гидравлических молотов в качестве сменных рабочих органов к гидравлическим экскаваторам и погрузочным машинам реализовано за рубежом сотнями европейских и азиатских компаний. В Российской Федерации серийное производство гидромолотов представлено Саранским и Тверским экскаваторными заводами, Тверским машзаводом «Гидромолот», Невьянским машиностроительным заводом, ООО «ЗЛАТЭКС». Один из крупных поставщиков навесного оборудования для строительных машин – ООО Компания «Традиция-К».

На данный момент основная деятельность разработчиков гидравлических молотов связана с модернизацией отдельных деталей и узлов для повышения их долговечности и надежности, снижения затрат на производство и затрат на эксплуатацию у потребителей [14].

2.1.2 Устройство и работа гидравлического молота

Основная часть гидравлического молота – это корпус. В корпусе находится цилиндр, внутри которого происходит движение бойка, являющегося поршнем. Боец совершает удары по рабочему инструменту, называемому

пикой. В некоторых моделях цилиндром является специальная гильза, но в большинстве случаев именно внутренние стенки корпуса формируют цилиндр.

В верхней части гидравлического молота располагается камера, которая заполняется азотом. Она снабжена заправочным клапаном, контролирующим давление. Азот является упругой рабочей жидкостью и создает дополнительное давление на боек во время его движения от азотной камеры к рабочему инструменту, а также запасает энергию во время возвращения бойка в верхнюю мертвую точку.

Пика располагается в нижней части гидромолота. Форма пики зависит, как правило, от вида производимых работ. Рабочий инструмент может быть: в форме долота, пирамиды, конуса и зубила. Движение пики осуществляется по втулкам, которые запрессованы внутрь корпуса. Смазывание втулок происходит через специальную масленку, оно снижает трение соприкасающихся поверхностей, вследствие чего увеличивается срок службы гидромолота. Пику в корпусе удерживает стопорный палец.

Боек располагается между азотной камерой и пикой. Он приводится в движение маслом, которое поступает из гидросистемы экскаватора. Герметичность цилиндра обеспечивается уплотнениями сверху и снизу. Цикл работы гидравлического молота находится под управлением специального золотникового клапана, который регулирует давление находящегося в цилиндре масла [15].

2.1.3 Типы гидромолотов и принцип их работы

Сейчас в мире производятся гидромолоты двух типов: мембранные и поршневые. Их принципиальная схема практически идентична, однако есть большие отличия в том, как организован рабочий цикл и как формируется энергия удара.

Рабочий цикл мембранного гидравлического молота (рисунок 2.2) осуществляется в несколько шагов. Во время включения гидромолота рабочая

жидкость (азот) через обратный клапан попадает в гидроаккумулятор линии напора и в газовую камеру. На выходе линии слива находится золотниковый клапан, перекрывающий ее, пока давление внутри гидроаккумулятора не выйдет на расчетное значение. По достижении необходимого давления, золотником открывается линия слива, и происходит движение бойка вверх. После перемещения бойка открывается клапан управления, а золотниковый клапан меняет позицию на рабочий ход. Так как размер камеры рабочего хода превышает размер камеры холостого хода, боек замедляется и начинает двигаться в сторону рабочего инструмента. До того, как произойдет удар, канал управления объединяется со сливной линией, золотник меняет позицию обратно, рабочий цикл повторяется.

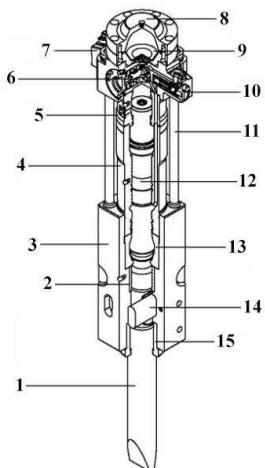


Рисунок 2.2 – Устройство мембранного гидромолота: 1 – рабочий инструмент; 2 – верхняя втулка; 3 – передняя головка; 4 – цилиндр; 5 – корпус уплотнения; 6 – втулка; 7 – корпус клапана; 8 – аккумулятор; 9 – мембрана; 10 – рабочий клапан; 11 – стяжной болт; 12 – поршень; 13 – упорное кольцо; 14 – штифт рабочего инструмента; 15 – втулка рабочего инструмента

Гидроаккумулятор накапливает объем жидкости, достаточный для совершения рабочего цикла бойка, поэтому важно, чтобы его объем был достаточно большим. В таком гидромолоте ударная энергия формируется гидравлической линией.

В гидромолотах поршневого типа (рисунок 2.3) отсутствуют обратный клапан на входе, золотник напора на выходе, гидроаккумулятор. Для поршневых гидромолотов характерно формирование ударной энергии в поршневом пневмоаккумуляторе. Во время холостого хода бойка, его часть попадает в пневматическую камеру, происходит дополнительное сжатие азота, запасающее около 70 % ударной энергии. Остальные 30 % энергии формируются за счет гидравлической линии.

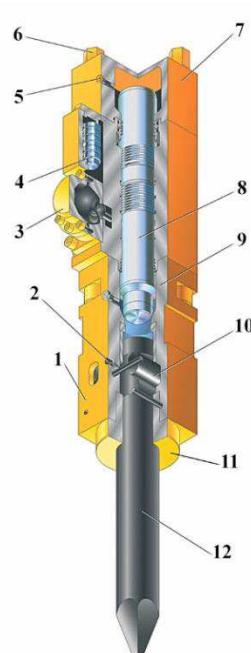


Рисунок 2.3 – Устройство поршневого гидромолота: 1 – нижний корпус; 2 – масленка; 3 – гидроаккумулятор; 4 – гидрораспределитель; 5 – клапан для заправки азотом; 6 – стяжной болт (шпилька); 7 – крышка цилиндра; 8 – поршень; 9 – рабочий цилиндр; 10 – палец; 11 – нижняя втулка; 12 – рабочий инструмент (пика)

Площади камер рабочего и холостого хода рассчитаны так, что в гидравлической системе не возникают высокие пики давления. Роль гидроаккумулятора выполняется трубопроводами и рукавами высокого давления, которые соединяют гидромолот и насос [16].

2.1.4 Выбор гидромолота

Так как использование гидромолота предполагается для работы, в том числе, с мерзлыми грунтами высокой твердости, а также в холодных климатических условиях, важным вопросом является выбор подходящего типа гидромолота, рассмотрение рекомендаций по его эксплуатации, а также подбор определенной марки, совместимой с используемой машиной.

Прежде всего, необходимо выделить преимущества и недостатки поршневых и мембранных гидромолотов. К особенностям поршневых гидромолотов относятся:

- 30 % ударной энергии формирует гидравлическая линия, 70 % – азотная камера;
- необходимость прижатия пики к поверхности материала перед началом работы;
- высокая и непродолжительная ударная энергия;
- легкость в обслуживании и эксплуатации;
- высокий уровень производительности.

В сравнении с поршневыми, мембранные гидромолоты имеют как значительные преимущества, так и значительные для потребителя недостатки. Особенности мембранных гидромолотов:

- 100 % ударной энергии формируется гидравлической линией;
- нет необходимости в прижатии пики;
- ударная энергия меньше, но остается постоянной;
- возможность использования до 24 часов в сутки ввиду охлаждения гидравлической жидкости;
- преимущественно сервисное обслуживание;
- высокая стоимость относительно поршневых гидромолотов.

Гидроаккумулятор мембранного гидромолота Rammer заряжается азотом давлением 4 МПа. Газовая и гидравлическая полости разделены мембраной из резины. У нее ограниченный срок службы, а замена требует обслуживания

специалистом сервиса, так как процесс замены сопровождается разборкой гидромолота. Дозаправка гидроаккумулятора азотом производится с помощью специального оборудования, отсутствующего в комплекте поставки, в связи с чем, необходимо либо приобретать его отдельно, либо пользоваться услугами сервисного центра. Сложности в эксплуатации мембранных гидромолотов связаны и с тем, что при температуре окружающего воздуха ниже -20°C запрещено запускать гидромолот, не проведя перед этим предварительный разогрев масла до температуры выше нуля. Необходимо также прогреть весь гидромолот для того, чтобы мембрана оставалась эластичной, поскольку при отрицательной температуре она твердеет и становится хрупкой. Для прогрева гидромолота и находящегося в нем масла необходимо запустить экскаватор (погрузчик) и в течение какого-то времени поработать на холостом ходу, после этого поработать гидроцилиндрами без нагрузки, а потом ненадолго подать рабочую жидкость на гидромолот в отсутствии опоры на пику. Если гидромолот не используется какое-то время в течение рабочей смены, то целесообразно погружать его в специальный бокс с подогревом, что экономит время на разогреве масла.

Пневматическая камера поршневых гидромолотов Delta заряжается азотом давлением 1,5 МПа. Отсутствие мембраны облегчает работу при низких температурах, но подогрев необходим и в этом типе гидромолотов. Поршневые гидромолоты характерны тем, что во время работы происходят утечки азота через уплотнения, вследствие чего необходима периодическая проверка уровня давления в пневмокамере и дозаправка до рабочего. Данный тип гидромолотов отличается от мембранных еще и тем, что в комплекте поставляется устройство для заправки и баллон с азотом, что делает процесс обслуживания удобнее и быстрее.

Проведя сравнение двух типов гидромолотов, можно сделать вывод, что более подходящим вариантом является поршневой, так как его цена ниже, эксплуатация и обслуживание менее требовательны, а в условиях работы с мерзлыми грунтами такие недостатки, как высокая, но не продолжительная

энергия удара, а также необходимость прижатия пики к поверхности, не критичны.

Важным параметром в выборе гидромолота является тип корпуса. Существуют гидравлические молоты открытого типа, закрытого типа, а также с боковым креплением. Гидромолоты с боковым креплением распространены в Азии, но их практически нет в России. Это связано с тем, что такой гидромолот устанавливается только на определенную модель экскаватора, так как переходная плита, с помощью которой закрепляется гидравлический молот, заменена единым корпусом с проточенными проушинами.

Гидромолот открытого типа характеризуется быстротой и удобством обслуживания, большой толщиной корпуса, простотой регулирования частоты удара и закачки азотом. Гидромолот закрытого типа отличается низким уровнем шума, наличием защиты от попаданий пыли и грязи, демпферной защиты от вибрации, защиты от механических повреждений. Такой гидравлический молот дороже, чем молот открытого типа.

Для работы в заданных условиях целесообразно выбрать гидромолот закрытого типа, так как он обладает защитой от различных воздействий на корпус, а также сниженным уровнем шума и вибрации, что положительно сказывается на здоровье работника.

Подбираемый гидромолот должен подходить к экскаватору или погрузчику и по таким показателям, как его масса и соответствие по показателям гидросистемы. Чтобы избежать опрокидывания экскаватора и недостатка сжимающего усилия, масса гидравлического молота должна быть не менее 4-7 % и не более 10 % от массы первого. Характеристики гидросистемы экскаватора должны соответствовать параметрам гидравлического молота. Низкое давление не позволит гидромолоту соответствовать техническим показателям по частоте и энергии удара, а слишком высокое давление может привести к неисправности гидромолота. На случай превышения давления на 10-15 % в гидросистеме экскаватора установлен предохранительный клапан, позволяющий сберечь оборудование от поломки. Стоит отметить, что если

правильно подобрать гидромолот по массе экскаватора, то по показателям гидросистемы он тоже будет соответствовать [17, 18].

Правильно выбранный гидромолот обеспечивает высокое качество и высокую производительность выполняемых работ.

2.2 Механический метод с использованием виброрыхлителя

2.2.1 Области применения виброрыхлителя

Виброрыхлители (виброрипперы) являются относительно новым видом навесного оборудования на экскаватор (рисунок 2.4). Первые образцы были представлены широкой публике в 2006 году, но стоит заметить, что разработки оборудования, позволяющего рыхлить грунт или породу, используя вибрацию, велись США и СССР достаточно давно. Они разрабатывались на базе тракторов гусеничного типа.



Рисунок 2.4 – Виброрыхлитель

Изначально виброрыхлители позиционировались, как оборудование для работы в карьерах, однако, по прошествии времени, они нашли применение в других областях, где оказались экономически эффективными. Основным

назначением такого оборудования является работа по вскрытию грунтов различной степени тяжести, с повышенной трещиноватостью, таких как: уголь, известняк, песчаник и др. Однако существуют модели, способные вести разработку менее трещиноватых пород с высокой эффективностью.

При разработке карьеров использование виброриппера считается альтернативой проведению буровзрывных работ (БВР), бульдозерам и, в определенных случаях, гидромолотам. Проведение БВР несет повышенную опасность для работников, ведет к разрастанию карьеров, разрабатывающихся десятки лет, с каждым годом затраты на такие работы растут. Это приводит к постепенному отказу от данного способа работы с грунтом.

При прокладке траншеи для трубопровода виброрыхлитель является эффективной альтернативой бульдозеру. При необходимости создания траншеи большой глубины, максимальной глубины опускания стойки рыхлителя не хватает для того, чтобы прорыхлить траншую за один заход. В связи с этим, требуется увеличение ширины траншеи для того, чтобы бульдозер мог попасть в нее и провести рыхление до необходимой глубины. Виброрыхлитель способен обеспечить откапывание траншеи в кратчайшие сроки и с меньшими затратами.

В отличие от гидромолота, виброриппер эффективен для проведения подводных работ, так как его эксцентриковый узел отличается полной герметичностью. Как альтернатива гидромолоту, виброрыхлитель применяется для вскрытия дорожного полотна за счет комбинированного эффекта от вибрации и ударного воздействия [19].

2.2.2 Особенности и устройство виброрыхлителя

Виброрыхлитель работает за счет гидравлической системы экскаватора, которая приводит в действие вибрационный механизм, производящий удары кликом о разрушаемую породу.

Основными компонентами, составляющими виброриппер, являются: корпус, которые защищает внутренние детали от повреждений; гидравлический мотор, вращающий эксцентрики, которые создают ударные движения клыка; клык; коронка, бьющая по материалу; блок управления, запускающий и останавливающий гидродвигатель и др.

На данный момент производятся виброрипперы двух типов: амортизационного и рычажного. Амортизационные виброрыхлители более производительны, нежели рычажные, однако их эффективность падает при работе с относительно твердыми и малотрещинными породами. Амплитуда колебаний таких виброрыхлителей невысока, а клык виброрыхлителя не набирает необходимого для разрушения твердой породы ускорения. Рычажные виброрыхлители характеризуются технологией рекуперации энергии: во время обратного хода клыка увеличивается усилие удара, в том числе за счет того, что происходит обратный энергетический возврат пневматическим аккумулятором, который установлен в виброриппер. Эти особенности обеспечивают большую мощность и эффективность работы с менее трещиноватыми породами, нежели у амортизационных виброрыхлителей, поэтому рациональнее в большинстве случаев выбирать виброриппер рычажного типа.

Рычажные виброрыхлители компании Delta отличаются высоким качеством компонентов и простотой обслуживания. Сварной корпус блока эксцентриков имеет высокий уровень ремонтопригодности по сравнению с литыми видами корпуса. Это связано с тем, что при возникновении трещины в литом корпусе, требуется его полная замена. Вторая особенность данных виброрыхлителей – это сменная коронка скального исполнения, характеризующаяся доступностью и низкой стоимостью по сравнению с какими-либо уникальными коронками. Третья особенность – сменный клык. В тяжелых условиях работы клык быстро изнашивается, что приводит к критическому состоянию. Когда конструкция клыка и блока эксцентриков является монолитной, отдельная замена клыка не представляется возможной. Еще одна особенность – это возможность разборки и проведения ремонтных

операций в полевых условиях, без необходимости использования специального стенда для разборки.

Благодаря широким возможностям применения и особенностям конструкции, виброрыхлитель является одним из самых эффективных решений в проведении работ по вскрытию грунта высокой твердости. Его использование целесообразно и при вскрытии мерзлого грунта для обеспечения доступа к подземному трубопроводу, однако определенные условия эксплуатации ограничивают эффективность за счет разной степени трещиноватости разрушаемой породы [20].

2.3 Термический метод с использованием гидравлической станции

2.3.1 Особенности оборудования

Довольно эффективным способом, использующимся для оттаивания грунта, является гидравлическая станция, реализующая нагрев с помощью теплоносителя – пропиленгликоля. Пропиленгликоль – жидкость без цвета, с большой вязкостью, слабым запахом и сладковатым запахом, способная поглощать из воздуха водяной пар. Безопасность и нетоксичность обеспечивают широкое применение в различных областях промышленности.

Вышеупомянутая технология нагрева широко используется компанией Wacker Neuson в установках HSH 350 и HSH 700 G (рисунок 2.5), работающих на дизельном топливе или керосине. Она состоит из топливного бака, дизель-генератора с возможностью подключения в сеть на 220 Вольт, горелки с теплообменником, насоса, шланга исключительной гибкости и прочности на разрыв, катушки с электролебедкой, и расширительного бака. Водный раствор пропиленгликоля температурой 82 °С находится в отопительных шлангах, равномерно размещающихся по поверхности мерзлого грунта. Подача жидкости в шланги осуществляется пластинчатым насосом, им же нагретый пропиленгликоль возвращается обратно в установку для того, чтобы

произвести повторный нагрев. Шланги накрываются паро- и теплоизоляцией во избежание потерь тепла и влаги.



Рисунок 2.5 – Установка Wacker Neuson HSH 700 G

Принципы оттаивания (размораживания) и прогрева грунта заключаются в особенностях содержания влаги. Частицы почвы не подвержены промерзанию, оно происходит с влагой, которая их окружает. Если взять емкость с мелким гравием, температура которого составляет -40°C , то его перемешивание или любые другие манипуляции не вызывают трудностей, но если залить этот гравий водой и заморозить, то смесь станет слишком твердой, и ранее возможные действия будут безрезультатны. Процесс оттаивания грунта заключается в оттаивании воды, которая в нем содержится. Чтобы растопить снег и лед, необходимо большое количество подаваемой теплоты, в связи с чем, целесообразно по возможности убирать их с поверхности механически, так как сэкономленную на этом энергию эффективнее будет использовать на непосредственное размораживание грунта. Мерзлый грунт – это серьезное препятствие для воды, поэтому нужно производить нагрев на достаточную глубину, так как растопленная вода не сможет уйти и после удаления нагревающего устройства снова замерзнет.

Жидкое агрегатное состояние воды – хороший тепловой проводник, лучше воздуха. Нагреватель использует два способа нагрева: первый заключается в передаче теплоты от шлангов грунту, а второй – в переносе теплоты от верхних слоев грунта нижним с помощью горячей воды, образующейся в результате грунтового таяния. Большое количество теплоты тратится на переход воды из жидкого состояния в газообразное, а образованный пар при выделении в атмосферу забирает с собой эту теплоту. В связи с этим возникает необходимость использования пароизоляции, для реализации которой достаточно накрыть шланги обычной пленкой из полиэтилена. Изоляция является препятствием для испарения воды в атмосферу и направляет пар обратно в воду для продолжения отогрева.

Существует множество факторов, влияющих на темп размораживания: уплотнение грунта, его влажность, температура окружающего воздуха. Если площадь поверхности, подвергаемой оттаиванию, слишком плотная, то скорость размораживания уменьшается. Если содержание воды в грунте небольшое, как у сухой глины, то скорость размораживания так же уменьшается. При сильном ветре или температуре ниже -35°C необходимо обеспечить утепление паро- и теплоизоляции.

Работа в условиях вечной мерзлоты требует особой конфигурации оборудования и подхода к осуществлению процесса размораживания грунта, так как влага не уходит, и вместо рыхлого грунта, происходит образование заболоченности. Для таких условий применимы два способа использования установки:

- укладка шлангов крест на крест, чтобы происходило не образование сплошной области размораживания, а чередование замороженных с размороженными;
- чередование нагрева грунта в присутствии паро- и теплоизоляции и в ее отсутствии, что позволяет выпаривать влагу для удобства проведения дальнейших работ по рыхлению котлована или траншеи [21].

2.3.2 Краткая характеристика иных термических методов и их сравнение с гидравлической станцией

Термоэлектрические маты (термоматы) – это нагреватели, основанные на инфракрасном излучении, которые являются экологичным вспомогательным оборудованием для прогрева грунта (рисунок 2.6). Они состоят из следующих элементов: греющей пленки с теплоизоляцией, представляющей собой множество слоев с полипропиленом и пенополиэтиленом; температурных ограничителей; ПВХ-оболочки для защиты от неблагоприятных погодных условий. Достоинства термоматов: не требуют какой-либо подготовки, недорогие, просты в настройке и обслуживании, низкое энергопотребление. Недостатки: необходимость наличия источника электрического питания, необходимость контроля работы, низкий уровень стойкости к внешним повреждениям [23].



Рисунок 2.6 – Термоматы для прогрева грунта

Другим способом является технология размораживания грунта с помощью трубчатых электронагревателей (ТЭН), основывающаяся на том, что теплота передается грунту контактным способом (рисунок 2.7). В полые иглы

из металла, которые представляют собой трубы малого диаметра, вставляются элементы нагрева в виде стальных труб еще меньшего диаметра, внутри которых помещается никромовая спираль. Межстенное пространство трубы и спирали заполнено прессованной порошкообразной плавленой окисью магния, которая является жаростойким проводником с высоким сопротивлением. Пространство между стенками иглы и элементом нагрева заполняется диэлектриками, передающими тепло. При нагреве элемента происходит переход теплоты стальному корпусу, нагревающему грунт. ТЭН помещаются в шпуры, которые необходимо предварительно пробурить, на глубину не менее 0,75 толщины мерзлого слоя в шахматном порядке. Расстояние между ними составляет 0,5-1 м. Утепление грунта в местах заложения ТЭН осуществляется термоизоляцией в виде опилок, шлаковаты и др. Достоинством прогрева грунта с помощью ТЭН является низкий уровень энергозатратности. Среди недостатков выделяются: необходимость бурения шпуров, организации снабжения электроэнергией, внимательного контроля работы в целях исключения угрозы поражения током, а также длительное время оттаивания.



Рисунок 2.7 – Трубчатый электронагреватель

Еще один способ оттаивания грунта заключается в использовании пара с помощью паровых игл, которые представляют собой трубы из металла. В нижней части таких труб находятся наконечники с отверстиями. Соединение паровых игл осуществляется через резиновые шланги с кранами. Иглы

размещаются в шахматном порядке в предварительно пробуренных шпурах. Глубина шпурков составляет 70 % от планируемой глубины оттаивания. Прогреваемая поверхность покрывается опилками. В шланги подается пар под давлением 0,06...0,07 МПа. Для прогрева 1 м³ требуется 50...100 кг пара, в связи с чем, для его экономии целесообразно проводить нагрев с перерывами, подавая пар поочередно в группы игл, расположенные параллельно.

Применяется также метод с использованием водяных игл (рисунок 2.8). Одна такая игла состоит из двух коаксиальных труб, конец внешней при этом заострен, а конец внутренней – открыт.



Рисунок 2.8 – Водяные иглы

Вода, нагретая до 50...60 °С, поступает во внутреннюю трубу, через отверстие в ней она переходит во внешнюю трубу, откуда поступает в выходной патрубок и идет к другой игле через соединительную трубу. Таким образом, происходит циркуляция воды. После работы игл в течение 1...2 суток, происходит их извлечение, утепление поверхности грунта. После этого, талые

зоны в течение полутора суток расширяются за счет накопленной теплоты. Для таких игл, как и для паровых, требуется предварительное бурение шпуров.

К недостаткам паровых и водяных игл относятся: необходимость в подготовке шпуров и расстановке игл, в источнике пара; необходимость контроля работы парового оборудования; высокое увлажнение грунта, ведущее к замерзанию парового конденсата на поверхности, прилегающей к территории работ; очень большой расход энергии.

Широко используется метод прогрева грунта горизонтальными и вертикальными электродами. При использовании горизонтальных электродов необходимо периодически проводить очистку участка работ от снега. По поверхности укладываются электроды из стали, имеющие длину 2,5...3 м. Концы электродов отгибаются для того, чтобы удобно подключать провода. На них подается напряжение 220 или 380 В. В зависимости от величины напряжения меняется расстояние между электродами. Поверхность покрывается опилками, аналогично паровым иглам. При этом необходимо провести смачивание опилок солевым раствором. Масса раствора либо должна превышать, либо должна быть равна массе опилок. Таким образом, опилочный слой является первичным проводником тока. Горизонтальные электроды применяются для размораживания грунта на глубину до 0,7 м.

При большей глубине промерзания грунта используются вертикальные электроды, представляющие собой стальные стержни небольшого диаметра либо уголки, имеющие заостренные концы. Электроды забиваются в грунт в шахматном порядке и подключаются к электросети. Поверхность засыпается слоем опилок, увлажненным тем же солевым раствором, что и в случае с горизонтальными электродами. После отогрева верхнего слоя грунта, электроды отключаются от сети и погружаются на большую глубину. После извлечения электродов грунт продолжает размораживаться ввиду накопленной под слоем опилок теплоты [23].

Вышеперечисленные методы имеют слишком много сложностей в проведении работ. К ним относятся: необходимость сложной и зачастую

длительной подготовки; высокий уровень опасности для работника, работающего с этим оборудованием; необходимость наличия источника электроэнергии, требующей больших затрат.

В сравнении с вышеописанными методами, гидравлическая станция имеет много преимуществ:

- КПД составляет 91...94 %;
- автономность установки и известность результата;
- предварительная подготовка составляет 30 минут;
- отсутствие магнитных полей и угрозы поражения электрическим током;
- отсутствие ограничений в выборе укладки шланга ввиду независимости от особенностей рельефа;
- простота использования, контроля и сборки, высокий уровень гибкости и ремонтопригодности;
- отсутствие влияния на окружающую среду и рядом находящиеся коммуникации;
- сертификация в России и отсутствие требований от оператора особого допуска.

Эти достоинства делают гидравлическую станцию наиболее целесообразным выбором для размораживания грунта [24].

2.4 Немеханический метод с использованием вакуумного гидродинамического экскаватора

2.4.1 Общие сведения о машине и особенности ее применения

Разновидностью оборудования, позволяющего проводить выемку грунта с помощью всасывающего устройства, являются вакуумные экскаваторы. Эти машины разрыхляют и размывают грунт, а также множество различных материалов, используя воздушный или водный поток под высоким давлением.

Через всасывающий рукав, с помощью создаваемого вакуумным насосом разрежения, осуществляется выемка пульпы, образованной в результате размыва или разрыхления. Смесь поступает в специальную емкость, где происходит осаждение твердых частиц и частичное фильтрование жидкости. Опорожнение емкости осуществляется либо так же, как в самосвалах, либо выталкивающей плитой, которая работает на гидравлическом приводе. Удаление жидкости осуществляется самотеком или под воздействием воздушного давления насоса. Насосный привод может работать автономно, за счет собственного бензинового или дизельного двигателя, либо за счет двигателя шасси, на котором устанавливается вся установка.

Вакуумные экскаваторы оснащены металлической облицовкой, которая минимизирует потери теплоты в отсеках, где размещается гидрооборудование. В каждом отсеке находится автономный отопитель. Это позволяет эксплуатировать машины в условиях низких температур.

Применение вакуумного экскаватора применимо в тех случаях, когда необходимо провести выемку грунта безопасно для подземных коммуникаций, которые требуют замены или ремонта. Эффективность высока в применении вакуумного экскаватора для создания разведочных шурфов, необходимых для обнаружения кабелей и трубопроводов, если их точное местоположение неизвестно. Выемка грунта таким способом снижает риск повреждения подземных коммуникаций до нуля.

Широкое распространение такой технологии характерно для западных стран. В Канаде существует множество компаний, предоставляющих услуги по выемке грунта с помощью машины Hydrovac (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Машина Hydrovac

При осуществлении горизонтально-направленного бурения с помощью таких вакуумных экскаваторов удаляется лишняя буровая жидкость из скважин, в парках и садах выкапываются кусты и деревья без повреждения корней [25].

2.4.2 Конструктивные особенности машины

Большинство вакуумных экскаваторов оснащаются мощными насосами с давлением 15...40 МПа. При проведении работ с помощью машин с высоким давлением ошибки оператора во время работы могут создать аварийную ситуацию. Насосами создается разрежение 30 кПа, позволяющее проводить всасывание воды, пульпы, разрыхленного грунта. При работе, из-за воздействия струи высокого давления, наибольшему износу подвергается насадок. Наиболее часто поломки возникают именно в этом узле. Это связано с тем, что оператор использует насадок, как лопату, что категорически запрещено делать.

В последние годы вакуумные экскаваторы оснащаются стрелой, которая удерживает насадок и напорный рукав. В связи с этим, нет необходимости в том, чтобы оператор держал рукав на протяжении всего процесса проведения работ. Оператор осуществляет только управление насадком. Угол поворота

гидравлической стрелы составляет $250\ldots320^\circ$, а максимальная длина – 7 м. Такие параметры позволяют проводить работы без изменения положения самой машины.

Вместимость емкости для всасываемой среды составляет $0,4\ldots12,0\text{ м}^3$. Масса загруженного экскаватора достигает 40 т. Гальваническое покрытие предотвращает коррозию. В последнее время крышка, позволяющая произвести выгрузку грунта, оборудуется гидравлическим приводом с возможностью управления дистанционным путем.

Диаметр всасывающего рукава составляет 75…300 мм. Он зависит от типа и размера вакуумного экскаватора. Рукав имеет вышеуказанный насадок с отверстиями, позволяющими, при их открытии оператором, снизить разрежение, если внутрь попадает крупный камень, который необходимо удалить. У мощных моделей машин скорость всасывания на входе в рукав достигает 360…645 км/ч. При попадании какого-либо крупного объекта в рукав, в емкости создается давление, позволяющее этот объект извлечь. Крепление рукава к патрубку емкости осуществляется с помощью муфты, которая имеет кулачковый запорный механизм. Благодаря такому соединению достигается полная герметичность, способствующая сохранению разрежения и избыточного давления.

Установка может монтироваться на шасси различной грузоподъемности. Это зависит от ее мощности и типоразмера. При этом, цена установки небольшой мощности, монтированной на прицепе, может отличаться от цены установки большой мощности, которая монтируется на автомобильное шасси, в 20 раз.

Во всем мире осуществляется производство вакуумных экскаваторов трех типов: гидродинамические, воздушные и комбинированные. В условиях работы с твердыми мерзлыми грунтами наиболее целесообразным является гидродинамический тип вакуумного экскаватора. Это наиболее распространенная разновидность, так как эффективность работы в большинстве случаев выше, чем у машин воздушного типа. Комбинированный тип работы,

заключающийся в совмещении функций гидродинамической и воздушной машины, не актуален за счет низкого уровня воздушного воздействия на грунт в заданных условиях. Для работы с замерзшим грунтом вода, использующаяся для размыва под давлением, подогревается специальной бортовой установкой. Вода выступает в данном случае и в роли смазочного материала, увеличивая срок эксплуатации оборудования. Уровень шума, создаваемый машиной гидродинамического типа, ниже, чем у машины воздушного типа. Недостатком гидродинамического вакуумного экскаватора является отсутствие возможности повторного использования извлеченного материала без его осушки [25].

3 Техническое предложение

В ходе анализа способов вскрытия трубопровода, проложенного в ВМГ, которые возможны для применения в заданных условиях, были рассмотрены механические методы с использованием гидромолота и виброрыхлителя, термический метод с использованием гидравлической станции, а также немеханический неразрушающий метод с использованием гидродинамического вакуумного экскаватора.

При сравнении такого навесного оборудования, как гидромолот и виброрыхлитель, необходимо обратить внимание на следующие особенности:

- гидромолот эффективно работает с любым типом грунта, в то время как эффективность виброриппера определяется степенью трещиноватости породы;

- виброрыхлитель совмещает в себе функции гидромолота и рыхлителя за счет особенностей конструкции, а использование гидромолота в некоторых случаях может сопровождаться необходимостью применения ковша-рыхлителя, более подходящего для работы с мерзлыми грунтами, нежели обычный ковш;

- за счет ударного и вибрационного воздействия на грунт, виброрыхлитель обладает большей производительностью, нежели гидромолот,

однако при этом стоит учитывать вышеупомянутую степень трещиноватости породы;

- выигрыш в производительности достигается виброриппером, по большей части, в условиях проведения масштабных работ в карьере или при строительстве магистрального трубопровода;
- стоимость гидромолота и виброрыхлителя для экскаваторов среднего класса различается в 3 и более раз.

При анализе ключевых особенностей виброрыхлителя и гидромолота можно сделать вывод, что при таком локальном виде работ, как вскрытие трубопровода для проведения его обслуживания и ремонта, более целесообразным является выбор в пользу гидравлического молота. Решение обосновано тем, что его эффективность не зависит от трещиноватости и твердости разрабатываемой породы; производительность виброрыхлителя не дает ощутимого выигрыша в заданных условиях работы; стоимость виброриппера значительно превышает стоимость гидромолота даже с учетом того, что при работе гидромолотом может потребоваться использование ковшарыхлителя. Применение виброриппера актуально для строительства новых трубопроводов, где выигрыш в производительности и себестоимости проведения работ будет более явным. Ярким примером является строительство магистрального газопровода для транспортировки газа, добываемого на Харасавэйском месторождении.

Расстояние от поверхности грунта до верхней образующей трубопровода по проектным данным составляет от 1027 мм в наименее глубокой точке до 1597 мм в наиболее глубокой точке. Механическую разработку грунта рекомендуется проводить при условии сохранения безопасного расстояния до трубопровода – 0,2 м. В связи с этим, во избежание повреждения трубопровода, механический метод воздействия на грунт с помощью гидромолота необходимо дополнить термическим воздействием, осуществляемым по достижении

В сравнении с множеством других рассмотренных методов размораживания грунта, использование гидравлической станции лишено таких

недостатков, как: опасность поражения электрическим током; необходимость сложных подготовительных работ и наличия источника питания; большие потери теплоты; зависимость от характеристик рельефа; ненадежность материала. Учитывая экологичность и безопасность проведения работ, простоту обслуживания, автономность, высокую надежность и ремонтопригодность, а также высокий КПД, гидравлическая станция является более подходящим решением для прогрева грунта, несмотря на относительно высокую стоимость. Такой способ воздействия на грунт безопасен не только для трубопровода, но и для работника и экологии.

Использование гидродинамического вакуумного экскаватора является неподходящим вариантом решения проблемы в силу того, что неизвестно, сможет ли он оказать воздействие на грунт в заданных условиях, так как основные области применения данной машины – это вскрытие подземных коммуникаций в городской среде и сбор различных отходов производства. Недостатком также является то, что данные машины в нынешний момент мало распространены в России, и слишком мало информации об их возможностях в условиях работы с породами высокой твердости при низких температурах. Наряду с вышеуказанными недостатками, высокая стоимость приобретения такой технологии, предположительно высокие затраты на обслуживание, а также необходимость обучения персонала работе с таким оборудованием, делают выбор гидродинамического экскаватора неактуальным для решения сложившейся проблемы.

Таким образом, техническое предложение по решению проблемы вскрытия трубопровода, проложенного в ВМГ, состоит в использовании гидромолота для разрушения породы, рекомендуемого рыхления с помощью ковша-рыхлителя, а также применения гидравлической станции для дальнейшего прогрева грунта до того состояния, при котором возможно будет произвести его разработку вручную.

4 Безопасность и экологичность

В нынешний момент при осуществлении всех производственных процессов в нефтяной и газовой промышленности огромное внимание уделяется охране окружающей среды, безопасности этих процессов и предупреждению аварийных и чрезвычайных ситуаций различного характера.

Для обеспечения безопасности трудового процесса, предотвращений аварийных ситуаций и правильной борьбы с их последствиями, каждым предприятием разработаны правила и нормы. Следование этим правилам и нормам обеспечивает сохранность здоровья и жизни работника, а также сохранность окружающей среды.

4.1 Анализ потенциальных опасных и вредных производственных факторов при проведении работ

При проведении земляных работ по вскрытию подземного трубопровода, проложенного в ВМГ, на работника оказывают воздействие различные опасные и вредные производственные факторы. По характеру происхождения они подразделяются на следующие виды:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

В соответствии с ГОСТ 12.0.003 – 2015 необходимо провести анализ опасных и вредных производственных факторов, которые могут оказывать воздействие на трубопроводчика линейного при проведении земляных работ по вскрытию подземного трубопровода, проложенного в ВМГ [26].

Результаты анализа представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Анализ опасных и вредных производственных факторов

По характеру происхождения	Опасные и вредные производственные факторы
Физические	Пониженная температура воздуха
	Повышенный уровень вибраций и шума
	Недостаточный уровень естественного освещения
	Ожог о поверхность перегретого объекта
Химические	Попадание токсичных веществ в организм через органы дыхания и кожные покровы
Биологические	Отсутствуют
Психофизиологические	Физические перегрузки,
	Нервно-психические перегрузки

Основной вид экономической деятельности – транспортирование по трубопроводам нефти. По данному виду экономической деятельности класс профессионального риска – I. Для этого класса установлен размер страховых тарифов на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний – 0,4 % к начисленной оплате труда [27].

При проведении работ возможны следующие аварийные ситуации:

- повреждение трубопровода;
- воспламенение;
- взрыв;
- падение объектов.

Указанные аварийные ситуации наносят колоссальный вред окружающей среде. Серьезными последствиями являются: нарушение природного ландшафта, естественного состояния грунта, нарушение целостности растительного слоя и почвенного покрова.

4.2 Инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности работ

Проведение производственных работ осуществляется на территории Юрубчено-Тохомского месторождения Эвенкийского района, расположенного в Красноярском крае. Климатический регион (пояс) – Iб (IV). Средняя температура воздуха в зимние месяцы составляет -41°C , а средняя скорость ветра составляет 1,3 м/с [27].

Климат района производственных работ резко континентальный. Длительность зимы – 8 месяцев, с декабря по февраль отрицательная температура может достигать -60°C . Температура летом в жаркие периоды превышает 40°C . Среднегодовая температура воздуха составляет $-5\ldots-15^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха в зоне проведения работ около 71 %. Годовое количество осадков – 370…400 мм.

Земляные работы по вскрытию подземного трубопровода проводятся в светлое время суток на открытой площадке. Запрещается проводить работы в темное время суток и в том случае, если температура воздуха ниже -30°C .

Вспомогательные и административно-бытовые помещения оборудованы системой отопления и вентиляции, что позволяет сохранять оптимальные параметры воздушной среды.

4.3 Санитарные требования к помещению и размещению используемого оборудования

Нефтегазосборный трубопровод диаметром 273 мм и длиной 2300 м при рабочем давлении 1 МПа относится к III классу опасности [28]. Проведение земляных работ по вскрытию трубопровода осуществляется на открытой площадке.

В целях предупреждения и снижения воздействия на трубопроводчика линейного физических вредных и опасных производственных факторов,

обеспечиваются комфортные условия работы. Так как работы проводятся в светлое время суток, уровень освещенности не требует оценки, в связи с чем, отсутствует необходимость установки дополнительных осветительных приборов. Уровень шума не превышает допустимого значения 90 Дб. Для снижения его вредного воздействия используются противошумные наушники Delta Plus с креплением на каску. Для снижения вибрационного воздействия предусмотрены индивидуальные средства вибрационной защиты – виброзащитные сиденья и рукоятки [29, 30].

Для обеспечения комфортной работы в условиях низкой температуры воздуха и защиты от ожогов о перегретую поверхность, работник обеспечен комплектом зимней спецодежды, специальной обувью и средствами индивидуальной защиты [31].

Для минимизации физических и нервно-психических перегрузок предусмотрены помещения, где работник может отдохнуть и заняться активной нетрудовой деятельностью.

4.4 Обеспечение безопасности технологического процесса

В процессе проведения работ используются следующие вредные вещества: гидравлическое масло, дизельное топливо и керосин. При попадании в организм человека через дыхательные пути или кожные покровы, эти вещества могут вызвать ожоги, отравления, поражения внутренних органов.

Гидравлическое масло и керосин относятся к 3 классу опасности. В соответствии с ГОСТ 12.1.007.76, их предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны не превышает допустимых значений 1,1...10,0 мг/м³. Дизельное топливо относится к 4 классу опасности, его ПДК в воздухе рабочей зоны не превышает 10,0 мг/м³. Контроль концентрации вредных веществ в воздушной среде осуществляется с помощью многокомпонентного переносного газоанализатора ВМ-25. При превышении норм ПДК проведение работ запрещено [32].

В процессе проведения работ осуществляется содержание оборудования в чистоте. Применение заземляющего устройства не требуется. Для предотвращения попадания вредных веществ в организм работника через кожные покровы или дыхательные пути предусмотрено использование средств индивидуальной защиты [31].

4.5 Обеспечение взрывопожарной и пожарной безопасности

При проведении земляных работ необходимо руководствоваться правилами пожарной безопасности.

Причиной возможного возникновения пожара является возгорание горючих и легковоспламеняющихся жидкостей – гидравлического масла, дизельного топлива и керосина. В соответствии с СП 12.13130.2009, зона проведения работ относится к категории Б по взрывопожарной и пожарной опасности, так как используются вещества, обладающие температурой вспышки более 28°C и способные образовывать паровоздушные или пылевоздушные смеси, которые характеризуются высоким избыточным давлением и высокой опасностью взрыва [33].

Не допускается применение открытого огня, а также курение в зоне проведения работ. Так как работы проводятся на открытой площадке, используемые машины оборудуются углекислотными огнетушителями [34].

4.6 Обеспечение безопасности в аварийных и чрезвычайных ситуациях

Для исключения возможных аварийных ситуаций необходимо осуществлять контроль концентрации вредных веществ в воздушной среде, не допускать наличия источников открытого огня, внимательно следить за глубиной разрабатываемого машинами грунта, а также следить за

правильностью работы и расположения машины во избежание недопустимых перемещений и падения.

На территории проведения работ могут возникнуть чрезвычайные ситуации техногенного и антропогенного характера. В таких условиях на трубопроводчика линейного могут воздействовать такие поражающие факторы, как: отравление токсичными веществами, термические ожоги, травмы тела. Действие этих факторов может привести к летальному исходу работника.

В случае возникновения аварийной ситуации необходимо прекратить все работы, приступить к ликвидации аварии, если это возможно, а также сообщить о сложившейся ситуации руководителю работ.

4.7 Экологичность проекта

В соответствии с законодательством Российской Федерации, при вскрытии подземного трубопровода, проложенного в ВМГ, проводятся мероприятия по охране окружающей среды. От повреждения, загрязнения, разрушения охраняются: атмосферный воздух, природный ландшафт, растительность.

При вскрытии трубопровода происходит механическое разрушение породы, а также оттаивание нижних слоев грунта. В связи с этим, в период проведения работ происходит выброс в атмосферу отработавших газов используемых машин и разрушение деятельного слоя.

Для обеспечения экологичности прогрев грунта осуществляется гидравлической станцией с использованием нетоксичного теплоносителя – пропиленгликоля. Для восстановления нарушенных земель, после проведения необходимых ремонтных работ, для которых осуществляется вскрытие трубопровода, проводится их рекультивация согласно ГОСТ 17.5.3.04-83 [35].

Работы по вскрытию подземного трубопровода выполняются согласно всем нормативным документам и правилам по охране окружающей среды.

5 Экономическая часть

Для экономического обоснования планируется провести расчет затрат на приобретение оборудования, необходимого для вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ. Техническое предложение по решению проблемы обеспечения доступа к трубопроводу состоит в использовании гидромолота для первичного разрушения породы и гидравлической станции для дальнейшего прогрева грунта.

Так как возможной альтернативой гидромолота является виброрыхлитель, то в ходе расчетов необходимо провести сравнительный анализ этих механических методов. Для экономического обоснования необходимо будет рассчитать единовременные затраты на приобретение оборудования и затраты на выполнение вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ.

5.1 Расчет затрат на приобретение оборудования и его доставку

В ходе сравнительного анализа предполагается рассмотрение гидромолота Delta FX-20S и виброрыхлителя Hammer Xcentric Ripper XR22, которые используются как навесное оборудование для 22-тонного гусеничного экскаватора. Поставки данного оборудования широко реализуются в Российской Федерации ООО Компания «Традиция-К». Для более комфортного и безопасного извлечения разработанного грунта, поставщиком рекомендуется при использовании гидромолота применять ковш-рыхлитель взамен обычного.

Прежде всего, необходимо определить стоимость оборудования. Получение информации обеспечено путем запроса коммерческого предложения от ООО Компания «Традиция-К». Так как цена виброрыхлителя представлена в евро, по курсу на 17.06.2020 г., она составляет 3519120 руб. Затраты на приобретение оборудования представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Затраты на приобретение альтернативного оборудования для вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ

№	Показатель	Оборудование		
		Ковш-рыхлитель	Гидромолот	Виброрыхлитель
1	Единицы измерения	Шт.	Шт.	Шт.
2	Количество	1	1	1
3	Цена с НДС, руб.	259500	1128000	3519120
4	Стоимость с НДС, руб.	1387500		3519120
5	Источник цен	https://www.tradicia-k.ru/product/kovsh-rykhlitel-impulse-rb-20-900-0-73-u5db95bd56b7db/ [36]	https://www.tradicia-k.ru/product/gidromolot-delta-fx-20s/ [37]	https://www.tradicia-k.ru/product/vibrorykhlitely-vibroripper-xcentric-ripper-xr22/ [38]

При сравнении оборудования можно сделать вывод, что приобретение виброрыхлителя обойдется дороже, нежели приобретение гидромолота с ковшом-рыхлителем. Следующим шагом является расчет стоимости доставки оборудования. Предполагается доставка путем использования услуг транспортной компании «Деловые линии» от склада поставщика в городе Москва до поселка Таежный Богучанского района [39]. Параметры оборудования и стоимость их доставки до назначенного пункта представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Затраты на доставку альтернативного оборудования для вскрытия трубопровода, проложенного в ВМГ

№	Показатель	Оборудование		
		Ковш-рыхлитель	Гидромолот	Виброрыхлитель
1	Габариты груза, мм	1400×900×1200	2773×450×500	2400×780×1750
2	Масса груза, кг	1100	1790	2500

Окончание таблицы 5.2

№	Показатель	Оборудование		
		Ковш-рыхлитель	Гидромолот	Виброрыхлитель
3	Объем груза, м ³	1,51	0,62	3,28
4	Характер груза	Ковши	Навесное оборудование	Навесное оборудование
5	Объявленная стоимость, руб.	259500	1128000	3519120
6	Ориентировочная стоимость доставки, руб.	73603	88438	113210
		162041		

Суммарная стоимость доставки гидромолота и ковша-рыхлителя составляет 162041 рублей. Стоимость доставки виброрыхлителя – 113210 рублей. Доставка виброрыхлителя обойдется дешевле.

Сравнение стоимостей приобретения и доставки оборудования представлено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Единовременные затраты на приобретение альтернативного оборудования для вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ

Показатель	Альтернативные варианты оборудования	
	Гидромолот и ковш-рыхлитель	Виброрыхлитель
Стоимость приобретения, руб.	1387500	3519120
Стоимость доставки, руб.	162041	113210
Итого:	1549541	3632330

Суммарные затраты, заключающиеся в приобретении и доставке оборудования, меньше у гидромолота и ковша-рыхлителя. В связи с этим, для дальнейших расчетов в рамках технического предложения приняты ковш-рыхлитель и гидромолот.

Вторым ключевым элементом технического предложения является гидравлическая станция. Необходимо определить затраты на приобретение и доставку установки, а также теплоизоляционных покрывал, используемых для сохранения теплоты в процессе прогрева грунта.

В техническом предложении рассматривается гидравлическая станция для размораживания грунта Wacker Neuson HSH 350. Ввиду отсутствия необходимости в большой длине греющих шлангов, предпочтение отдано этой модели. Отсутствие необходимости обусловлено сравнительно небольшими площадями, требующими отогрева. При этом, данная установка так же является автономной, как и старшая модель HSH 700 G.

В Российской Федерации официальным дилером оборудования Wacker Neuson является компания Rotorkom, поэтому приобретение осуществляется именно у этого поставщика. Покупку теплоизоляционных покрывал Wacker Neuson предполагается осуществить у компании Диам Алмаз. Расчеты затрат на приобретение установки и теплоизоляционных покрывал представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Затраты на приобретение установки и теплоизоляции

Оборудование	Кол-во, шт.	Стоимость единицы с НДС, руб.	Стоимость, руб.	Источник цен
Гидравлическая станция Wacker Neuson HSH 350	1	1800000	1800000	http://wacker.neuson.ru/katalog/pushka-progrev-betona-hsh/hsh-350/ [40]
Теплоизоляционное покрыва Wacker Neuson	5	18000	90000	https://diam-almaz.ru/dop-tovary/rabota-s-rastvorom/wacker-neuson-pokryvalo-izolyacii/ [41]
		Итого:	1890000	

Затраты на приобретение одной гидравлической станции Wacker Neuson HSH 350 и пяти теплоизоляционных покрывал этого же производителя составляют 1890000 рублей.

Доставка оборудования осуществляется силами «РЖД Экспресс» от Москвы до Красноярска и от Красноярска до поселка Таежный Богучанского района [42]. Затраты на доставку гидравлической станции и теплоизоляционных покрывал представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Затраты на доставку установки и теплоизоляции

Оборудование и количество	Масса, кг	Объем груза, м ³	Стоимость доставки Москва-Красноярск, руб.	Стоимость доставки Красноярск-Таежный, руб.	Стоимость доставки, руб.
Гидравлическая станция Wacker Neuson HSH 350, 1 шт.	1151	10,35	48675	7280	55955
Теплоизоляционное покрывала Wacker Neuson, 5 шт.	100	1,15	7763	1162	8925
				Итого:	64880

Доставка гидравлической станции и теплоизоляционных покрывал от Москвы до поселка Таежный обойдется в 64880 рублей.

Расчет капитальных вложений в приобретение оборудования представлен в таблице 5.6.

Капитальные вложения в приобретение оборудования, необходимого для вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ, составляют 3504421 рубль.

Таблица 5.6 – Капитальные вложения в приобретение оборудования для вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ

№	Оборудование	Количе-ство, шт.	Стоимость приобретения, руб.	Стоимость доставки, руб.	Капитальные затраты, руб.
1	Гидромолот Delta FX-20S	1	1128000	88438	1216438
2	Ковш-рыхлитель Impulse RB-20-900-0,73	1	259500	73603	333103
3	Гидравлическая станция Wacker Neuson HSH 350	1	1800000	55955	1855955
4	Теплоизоляционное покрываю Wacker Neuson	5	90000	8925	98925
				Итого:	3504421

На рисунке 5.1 представлена структура капитальных затрат на приобретение оборудования.



Рисунок 5.1 – Капитальные затраты на приобретение оборудования

Наибольшую долю в капитальных вложениях занимают расходы на приобретение и доставку гидравлической станции Wacker Neuson HSH 350.

5.2 Расчет затрат на вскрытие трубопровода, проложенного в ВМГ

Предполагается осуществить вскрытие подземного трубопровода, проложенного в ВМГ, в течение 36 часов. Из них 8 часов – работа гидромолота, 4 часа – работа ковша-рыхлителя, 24 часа – работа гидравлической станции с использованием теплоизоляционных покрывал.

Для каждого оборудования необходимо рассчитать амортизационные отчисления. Амортизационные отчисления начисляются на имущество стоимостью более 40000 рублей. На имущество стоимостью менее 40000 рублей амортизация не начисляется, оно списывается сразу на затраты без НДС.

Сумма амортизационных отчислений определяется по формуле:

$$Ам. отч. = \frac{C_{oc} \cdot H_a^e}{100}, \quad (5.1)$$

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

H_a^e – годовая норма амортизационных отчислений, %.

Годовая норма амортизации определяется, исходя из срока службы оборудования, по формуле

$$H_a^e = \frac{100}{Срок службы}. \quad (5.2)$$

Срок службы гидромолота и ковша-рыхлителя не установлен в паспортах на оборудование, так как он зависит от условий эксплуатации, а также качества и количества проведения ремонта. Для расчета годовой нормы амортизации принят срок службы гидромолота – 10 лет, срок службы ковша-рыхлителя – 10 лет. На основе сведений, полученных у официального дилера Wacker Neuson в России, Rotorkom, срок службы гидравлической станции составляет 7 лет. По

теплоизоляции амортизация не начисляется, а сразу списывается на затраты без НДС. Годовая норма амортизации составляет:

$$H_{1a}^e = \frac{100}{10} = 10\% ,$$

$$H_{2a}^e = \frac{100}{10} = 10\% ,$$

$$H_{3a}^e = \frac{100}{7} = 14,29\% .$$

Амортизационные отчисления по каждому оборудованию представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Амортизационные отчисления по каждому оборудованию

№	Оборудование	Количества, шт.	Стоимость единицы без НДС, руб.	Срок службы, лет	Годовая норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений за год, руб.	Сумма амортизационных отчислений за одну операцию, руб.
1	Гидромолот Delta FX-20S	1	940000	10	10	94000	85,84
2	Ковш-рыхлитель Impulse RB-20-900-0,73	1	216250	10	10	21625	9,87

Окончание таблицы 5.7

№	Оборудование	Количества, шт.	Стоимость единицы без НДС, руб.	Срок службы, лет	Годовая норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений за год, руб.	Сумма амортизационных отчислений за одну операцию, руб.
3	Гидравлическая станция Wacker Neuson HSH 350	1	1500000	7	14,29	214350	587,26
4	Теплоизоляционное покрывало Wacker Neuson	5	15000	-	-	75000	205,48
						Итого:	888,45

Сумма амортизационных отчислений за одну операцию составляет 888,45 рублей.

В эксплуатационные затраты входят затраты на дизельное топливо, необходимое для работы генератора гидравлической станции. Для прогрева грунта необходимо 156 литров. Стоимость литра дизельного топлива по данным на 19.06.2020 г. составляет 49 рублей [43]. Стоимость заполнения топливного бака генератора установки определяется по формуле

$$C_m = P \cdot n, \quad (5.3)$$

где P – цена литра топлива, руб.;

n – количество литров.

Стоимость покупки 156 литров дизельного топлива составляет

$$C_m = 49 \cdot 156 = 7644 \text{ руб.}$$

Таким образом, расходы, необходимые для заполнения топливного бака генератора гидравлической станции Wacker Neuson HSH 350 на 156 литров, составляют 7644 рубля.

Для осуществления работ по вскрытию подземного трубопровода требуется персонал в количестве:

- водитель – 1 человек;
- трубопроводчик линейный – 2 человека;
- машинист экскаватора – 1 человек;
- служащий – 2 человека.

Время проведения одной операции по вскрытию грунта принято 36 часов. Районный коэффициент на Юрубченено-Тохомском месторождении составляет 50 % от оклада, северная надбавка – 30 % от оклада. Расчеты заработной платы работников представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Фонд заработной платы, необходимый для вскрытия подземного трубопровода, проложенного в ВМГ

Должность	Ко- ли- че- ство	Тариф- ная став- ка за час работы, руб.	Оклад за время одной опера- ции, руб.	Район- ный коэффи- циент 50 % от оклада, руб.	Северная надбавка 30 % от оклада, руб.	Заработ- ная плата одного работника за одну операцию, руб.	Фонд заработной платы работников на одну операцию, руб.
Водитель	1	122 [44]	4392	2196	1318	7906	7906
Трубопро- водчик линейный	2	146 [45]	5256	2628	1577	9461	18922

Окончание таблицы 5.8

Должность	Ко-ли-че-ство	Тариф-ная став-ка за час работы, руб.	Оклад за время одной опера-ции, руб.	Район-ный коэффи-циент 50 % от оклада, руб.	Северная надбавка 30 % от оклада, руб.	Заработ-ная плата одного работника за одну операцию, руб.	Фонд заработной платы работников на одну операцию, руб.
Машинист экскавато-ра	1	165 [46]	5940	2970	1782	10692	10692
Служащий	2	194	6984	3492	2096	12572	25144
Итого	5	x	x	x	x	x	62664

Расчет тарифной ставки водителя за час: $(62638-62638 \cdot 0,3)/(30 \cdot 12)=122$ рубля. Расчет тарифной часовой ставки трубопроводчика линейного: $(75000-75000 \cdot 0,3)/(30 \cdot 12)=146$ рублей. Расчет тарифной часовой ставки машиниста экскаватора: $(84601-84601 \cdot 0,3)/(30 \cdot 12)=165$ рублей. В качестве тарифной часовой ставки служащего принято значение с предприятия – 194 рубля.

Страховые взносы составляют 30 % от фонда заработной платы. Взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний – 0,4 % от фонда заработной платы. Затраты на взносы представлены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Страховые взносы и взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний

Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
Страховые взносы	18799,2
Взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний	250,58
Итого:	19049,78

Эксплуатационные затраты состоят из амортизационных отчислений, затрат на топливо, фонда заработной платы, страховых взносов, взносов на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний. Расчеты эксплуатационных затрат представлены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Эксплуатационные затраты на вскрытие подземного трубопровода, проложенного в ВМГ

№	Наименование затрат	Сумма затрат, руб.
1	Амортизационные отчисления	888,45
2	Затраты на топливо	7644
3	Фонд заработной платы	62664
4	Страховые взносы	18799,2
5	Взносы на страхование от несчастных случаев и профессиональных заболеваний	250,58
	Итого:	90226,23

Сумма эксплуатационных затрат составляет 90226,23 рубля. На рисунке 5.2 представлена структура эксплуатационных затрат на проведение работ.

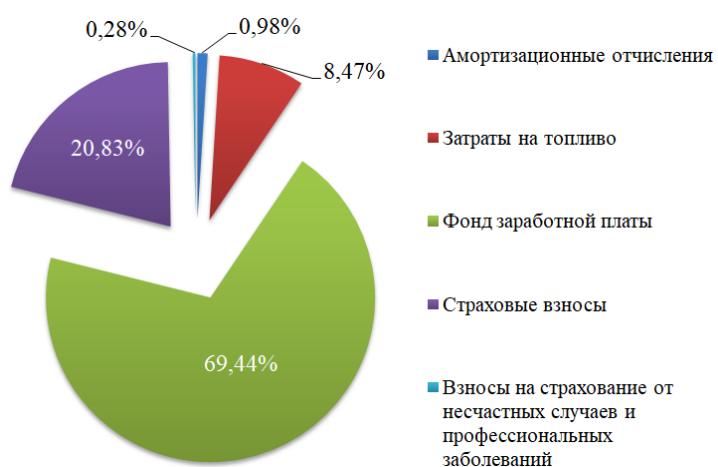


Рисунок 5.2 – Эксплуатационные затраты на проведение работ

По анализу общих затрат на вскрытие подземного трубопровода, проложенного в ВМГ, можно сделать вывод, что вложение денежных средств

оправдано за счет того, что в нынешний момент отсутствует решение проблемы по обеспечению доступа к трубопроводу. Техническое предложение экономически целесообразно, так как применимо для решения множества задач с такой проблемой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с поставленными задачами, в ходе выпускной квалификационной работы были рассмотрены различные способы воздействия на грунт, возможные к применению в тех условиях, когда, ввиду большого содержания газа в нефтегазоводяной смеси, происходит перемерзание подземного трубопровода и грунта, который его окружает.

Сравнение технических особенностей методов позволило выявить преимущества и недостатки изучаемого оборудования, в связи с чем было сформировано техническое предложение по решению проблемы обеспечения доступа к трубопроводу.

Техническое предложение заключается в комбинированном применении механического способа, заключающегося в использовании гидромолота и ковша-рыхлителя, а также термического способа, состоящего в применении гидравлической станции размораживания грунта. В условиях необходимости сохранения безопасности трубопровода, данное решение является наиболее подходящим.

Применение технического предложения экономически обосновано, так как в нынешний момент отсутствуют иные варианты решения сложившейся проблемы, а выбранный способ обеспечивает максимальную эффективность при сравнительно невысоких затратах. Таким образом, выбранная комбинация механического и термического способов воздействия на грунт является технически и экономически наиболее целесообразным решением проблемы вскрытия трубопровода.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВМГ – вечномерзлый грунт

СОД – средство очистки и диагностики

КПД – коэффициент полезного действия

БВР – буровзрывные работы

ТЭН – трубчатый электронагреватель

ПДК – предельно допустимая концентрация

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Кузнецов, Г. И. Инженерное мерзлотоведение : учеб. Пособие / Г. И. Кузнецов, Н. В. Крук. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2019. – 140 с.
- 2 Юрубчено-Тохомское нефтегазоконденсатное месторождение [Электронный ресурс] / Вокруг газа. Электронный журнал. – 2012. – Режим доступа : <http://www.trubagaz.ru>.
- 3 Юрубчено-Тохомское месторождение [Электронный ресурс] / Нефтяники.РФ : отраслевой ресурс нефтегазовой отрасли. – Режим доступа : http://www.nftn.ru/oilfields/russian_oilfields/krasnojarskij_kraj/jurubcheno_tohoms_koe/20-1-0-116.
- 4 Рохманько, Е. Н. Нефть Юрубчено-Тохомского месторождения в сопоставлении с нефтями Ванкорского месторождения / Е. Н. Рохманько, О. М. Елашева, Н. А. Плешакова, В. Г. Кузнецов, В. А. Тыщенко, А. А. Пимерзин // Технологии нефти и газа : научно-технологический журнал / Российский государственный университет нефти и газа им. И. М. Губкина. – Москва, 2011. – № 1 (72). – С. 14 – 19.
- 5 Трифонов, Н. С. Гидрогеологические предпосылки закачки промышленных стоков при освоении первоочередного участка Юрубчено-Тохомского месторождения / Н. С. Трифонов, Д. А. Новиков, А. А. Ямских // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология, 2014. – № 2. – С. 131 – 145.
- 6 Сидкина, Е. С. Особенности химического состава подземных вод и рассолов западной части Тунгусского артезианского бассейна / Е. С. Сидкина // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, 2015. – № 2. – С. 34 – 40.
- 7 Почвенно-географическое районирование [Электронный ресурс] / География. – Режим доступа: <https://geographyofrussia.com/pochvenno-geograficheskoe-rajonirovaniye/>.

8 Пшеничников, Б. Ф. Основы почвоведения и географии почв : учебное пособие / Б. Ф. Пшеничников, Н. Ф. Пшеничникова – Владивосток : Изд-во ВГУЭС, 2006. – 200 с.

9 Геокриология СССР. Средняя Сибирь / К. А. Кондратьева [и др.] : под ред. Э. Д. Ершова. – М. : Недра, 1989. – 413 с.

10 ГОСТ 20295 – 85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия (с Изменениями № 1, 2). – Взамен ГОСТ 20295-74 : введ. 25.11.1985. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 15 с.

11 СНиП 12-03 – 2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования. – Введ. 01.09.2001. – Москва : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001. – 48 с.

12 ГОСТ Р 55990 – 2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования. – Введ. 01.12.2014. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 131 с.

13 СП 45.13330.2017 Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 (с Изменениями № 1, 2). – Введ. 28.08.2017. – Москва : Минстрой России, 2017. – 176 с.

14 Дмитриевич, Ю. В. Из истории создания гидравлических молотов / Ю. В. Дмитриевич // Основные средства [сайт]. – Режим доступа : <https://os1.ru/article/5183-iz-istorii-sozdaniya-gidravlicheskikh-molotov>.

15 Устройство гидромолота // Группа компаний «Гидроимпульс» [сайт]. – Режим доступа : <http://www.gidroimpulse.ru/gidromolot/construction.html>.

16 Обзор модификаций гидромолотов [Электронный ресурс] // Экскаватор РУ. Режим доступа : https://exkavator.ru/articles/gidromolot/9904_obzor_modifikacii_gidromolotov.html.

17 Как выбрать гидромолот [Электронный ресурс] // ПРОФЕССИОНАЛ. – Режим доступа : <https://www.profdst.ru/upload/iblock/f8e/kak-vybrat-gidromolot.pdf>.

18 Зимняя эксплуатация гидромолотов // ООО Компания «Традиция-К» [сайт]. – Режим доступа : <https://www.tradicia-k.ru/articles/zimnyaya-ekspluataciya-gidromolotov/>.

19 Виброрыхлитель, он же гидрорыхлитель и виброриппер // ООО Компания «Традиция-К» [сайт]. – Режим доступа : <https://www.tradicia-k.ru/articles/vibrorykhlitel-on-zhe-gidrorykhlitel-i-vibroripper/>.

20 Новые виброрыхлители Delta производства Южная Корея // ООО Компания «Традиция-К» [сайт]. – Режим доступа : <https://www.tradicia-k.ru/articles/novye-vibrorykhliteli-delta-proizvodstva-yuzhnaya-koreya/>.

21 Размораживание и прогрев грунта зимой от Wacker Neuson // Роторком : официальный дилер Wacker Neuson [сайт]. – Режим доступа : <http://wacker.neuson.ru/press-tsentr/razmorazhivanie-progrev-grunta-zimoy/>.

22 Теплом своим отогревая землю... (Часть 1) // Основные средства [сайт]. – Режим доступа : <https://os1.ru/article/17818-oborudovanie-i-metody-progreva-merzlyh-gruntov-pri-proizvodstve-zemlyanyh-rabot-teplom-svoim-otogrevaya-zemlyu>.

23 Теплом своим отогревая землю... (Часть 2) // Основные средства [сайт]. – Режим доступа : <https://os1.ru/article/18087-oborudovanie-i-metody-progreva-merzlyh-gruntov-pri-proizvodstve-zemlyanyh-rabot-teplom-svoim-otogrevaya-zemlyu-ch-2>.

24 Песок горячий с доставкой или как прогреть (разогреть) зимой грунт или землю. Прогрев грунта в зимнее время. Способы отогрева грунта в зимнее время // Valenteshop.ru : строительный портал [сайт]. – Режим доступа : <https://valenteshop.ru/pesok-goryachii-s-dostavkoi-ili-kak-progret-razogret-zimoj-grunt-ili/>.

25 Вакуумные экскаваторы // Основные средства [сайт]. – Режим доступа : <https://os1.ru/article/5438-vakuumnye-ekskavatory-perspektivniy-vid-vakuumnyh-gruntozabornyh-mashin>.

26 ГОСТ 12.0.003 – 2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Введ. 01.03.2017. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 23 с.

27 Мусияченко, Е.В. Безопасность жизнедеятельности : учеб.-метод. пособие для выполнения раздела «Безопасность и экологичность» выпускной квалификационной работы [Электронный ресурс] / сост. Е. В. Мусияченко, А. Н. Минкин. – Электрон. дан. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016.

28 ГОСТ 32569 – 2013 Трубопроводы технологические стальные. Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах (с Поправкой). Введ. 01.01.2015. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 137 с.

29 СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменением N 1). Введ. 20.05.2011. – Москва : Минрегион России, 2010. – 41 с.

30 ГОСТ 12.1.012 – 2004. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования. Введ 01.07.2008. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 20 с.

31 ГОСТ 12.4.011 – 89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. Введ. 01.07.1990. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 8 с.

32 ГОСТ 12.1.007 – 76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2). Введ. 01.01.1977. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 7 с.

33 СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Введ. 01.05.2009. – Москва : ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009. – 31 с.

34 ГОСТ 12.1.004 – 91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1). Введ. 01.07.1992. – Москва : Стандартинформ, 2006. – 68 с.

35 ГОСТ 17.5.3.04 – 83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель (с Изменением N 1). Введ. 01.07.1984. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 8 с.

36 Ковш-рыхлитель Impulse RB-20-900-0,73 // ООО Компания «Традиция-К» [сайт]. – Режим доступа : <https://www.tradicia-k.ru/product/kovsh-rykhlitel-impulse-rb-20-900-0-73-u5db95bd56b7db/>.

37 Гидромолот Delta FX-20S // ООО Компания «Традиция-К» [сайт]. – Режим доступа : <https://www.tradicia-k.ru/product/gidromolot-delta-fx-20s/>.

38 Виброрыхлитель (виброриппер) Hammer Xcentric Ripper XR22 // ООО Компания «Традиция-К» [сайт]. – Режим доступа : <https://www.tradicia-k.ru/product/vibrorykhlitel-vibroripper-xcentric-ripper-xr22/>.

39 Расчет и оформление заказа // Деловые линии [сайт]. – Режим доступа : <https://www.dellin.ru/requests/>.

40 Станция размораживания грунта и прогрева бетона Wacker Neuson HSH 350 // Rotorkom : официальный дилер Wacker Neuson [сайт]. – Режим доступа : <http://wacker.neuson.ru/katalog/pushka-progrev-betona-hsh/hsh-350/>.

41 Покрывало изоляции Wacker Neuson // Диам Алмаз. Лучшее – строителю [сайт]. – Режим доступа : <https://diam-almaz.ru/dop-tovary/rabota-s-rastvorom/wacker-neuson-pokryvalo-izolyacii/>.

42 РЖД Экспресс – доставка сборных грузов [сайт]. – Режим доступа : <https://rzdexpress.ru/>.

43 Передовые платежные решения [Электронный ресурс] : база данных содержит сведения о стоимости литра дизельного топлива в Красноярском крае. – Режим доступа : https://www.petrolplus.ru/fuelindex/_regions/?r1=avg&r2=11309&r3=&petrol=DIESEL.

44 TRUD [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о средней заработной плате водителя в Красноярске. – Режим доступа : <https://www.trud.com/krasnoyarsk/salary/879/5229.html?currency=RUB>.

45 TRUD [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о средней заработной плате трубопроводчика линейного в Красноярском крае. –

Режим доступа : [https://www.trud.com/krasnoyarskij-kraj/salary/67456/85724.html?
currency=RUB.](https://www.trud.com/krasnoyarskij-kraj/salary/67456/85724.html?currency=RUB)

46 TRUD [Электронный ресурс]: база данных содержит сведения о средней заработной плате машиниста экскаватора в Красноярском крае. – Режим доступа : [https://www.trud.com/krasnoyarskij-kraj/salary/67456/4329.html?
currency=RUB.](https://www.trud.com/krasnoyarskij-kraj/salary/67456/4329.html?currency=RUB)

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
«23» июня 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Вскрытие трубопроводов, проложенных в вечномерзлых грунтах

Руководитель  19.06.20 доцент, канд. техн. наук О.Н. Петров

Выпускник  18.06.20 Д.А. Хилик

Красноярск 2020

Продолжение титульного листа бакалаврской работы по теме: «Вскрытие трубопроводов, проложенных в вечномерзлых грунтах»

Консультанты по
разделам:

Экономическая часть

И.В. Шадрина

Безопасность жизнедеятельности

А.Н. Минкин

Нормоконтролер

О.Н. Петров

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Вскрытие трубопроводов, проложенных в вечномерзлых грунтах» содержит 72 страницы текстового документа, 46 использованных источников, 6 листов графического материала.

МНОГОЛЕТНЯЯ МЕРЗЛОТА, МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГРУНТ, ТРУБОПРОВОД, ВСКРЫТИЕ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОСТУПА, МЕТОД, НАВЕСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, УСТАНОВКА, ТЕХНОЛОГИЯ, МАШИНА.

Объект ВКР: нефтегазосборный трубопровод кустовой площадки Юрубчено-Тохомского месторождения.

Цель работы: определить технически и экономически наиболее целесообразный способ воздействия на грунт для обеспечения доступа к участку трубопровода.

В настоящей работе проанализированы механические, термические и немеханический неразрушающий способы вскрытия трубопровода; проведено сравнение их технических особенностей; сформировано техническое решение.

В разделе «безопасность и экологичность» проведен анализ опасных и вредных производственных факторов, предложены инженерные и организационные решения по обеспечению безопасности проведения земляных работ, приведены меры по обеспечению пожарной и взрывопожарной безопасности, и меры по предупреждению аварий и предотвращению их последствий.

В экономической части проведен расчет капитальных затрат на приобретение оборудования и расчет затрат на его эксплуатацию в течение одной операции.