

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

Инженерно-строительный институт
институт

Кафедра строительных конструкций и управляемых систем
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ С.В. Деордиев
подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Технология устройства Водовода Низкого давления в условиях
вечной мерзлоты на примере Курумбинского нефтегазового
месторождения

тема

08.04.01 Строительство

код и наименование направления

08.04.01.14 Промышленное и гражданское строительство

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель/

руководитель _____
подпись, дата

канд. техн. наук, доцент каф. СМиТС
должность, ученая степень

К.Г. Башаров
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

А.Н. Патюков
инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

должность, ученая степень

С.А.Ханаков
инициалы, фамилия

Консультанты:

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

инициалы, фамилия

Красноярск 2021

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Устройство магистральных трубопроводов в вечно мерзлых грунтах	4
1.1. Понятие многолетнемерзлого грунта.....	4
1.2. Основные методы прокладки трубопроводов в условиях вечной мерзлоты	15
1.2.1. Подземный способ прокладки трубопроводов	15
1.2.2. Надземный способ прокладки	19
1.3. Анализ способов прокладки трубопровода в многолетнемерзлых грунтах.....	23
Глава 2 Анализ особенностей устройства «Водовода низкого давления Куюмбинского нефтегазоконденсатного месторождения»	28
2.1 Краткая характеристика района строительства	28
2.2 Особенности устройства трубопровода подземной и надземной прокладки	33
2.3 Применение новых методов производства работ на объекте «Водовод низкого давления»	47
Глава 3. Эффективность развития методов строительства трубопроводов в условиях вечной мерзлоты.....	57
3.1 Перспективные варианты устройства трубопроводов подземной прокладки в условиях вечной мерзлоты.....	57
3.2 Экономическая эффективность внедрения новых методов производства работ	62
Заключение	75
Список использованных источников	76
Приложение.....	80

Введение

Многолетнемерзлые (Вечномерзлые) грунты характеризуются особенностями, делающими их использование неблагоприятным для любого строительства, возведение технологических трубопроводов весьма проблематично в условиях ММГ. Основным недостатком ВМГ – это изменчивость их свойств и несущей способности при влиянии температурных факторов. При отрицательной температуре данные грунты легко воспринимают большие нагрузки без деформаций, а при изменении температуры на нулевую, или, тем более, положительную, они мгновенно теряют несущую свою несущую способность. При последующем замерзании грунты могут вспучивать и трескаться, что, естественно приводит к аварийным ситуациям, как для зданий и сооружений, так и для проложенных в ВМГ трубопроводов. Для недопущения изменения несущей способности грунтов, необходимо предусматривать ряд технологических или конструктивных мероприятий. Если в зимний период технология выполнения работ в условиях ВМГ не требует существенных изменений от технологии, применяемой в нормальных условиях, то летом необходимо работы по устройству трубопроводов приходится либо прекращать полностью, либо вести с использованием технологий, применяемых на болотистой местности.

Вечномерзлые грунты присутствуют практически на всей территории Российской Федерации, особенно широкое распространение ВМГ получили в северных регионах. Свойства грунтов непосредственно связаны с количеством в них льда и их температурой: чем ниже температура, тем выше прочность грунта.

Многолетняя мерзлота может распространяться в форме сплошных слоев, в форме линз, а также прерывистыми слоями. Вечномерзлые грунты чувствительны к переменам в их температурном режиме, так даже небольшое нарушение почвенно-растительного слоя, техникой при строительстве может приводить к разрушению мерзлоты и последующему изменению их свойств..

Грунты, используемые в мерзлом состоянии в качестве оснований, по прошествию пары летних сезонов, могут превратиться в болото, в котором, определённо, может произойти смещение осей трубопроводов, что в итоге приведет к авариям.

Таким образом, при устройстве трубопроводов в условиях ММГ специалисты решают сразу две задачи: необходимость прокладки трубопроводов в условиях среды обладающей высокой прочностью и несущими свойствами в неизменном состоянии, однако случае изменения температурного режима данная среда может мгновенно утратить свои свойства. При этом влияние температурного режима самих трубопроводов может разрушить структуру грунтов основания.

Объект исследования : особенность и проблематика устройства магистральных трубопроводов проложенных в условиях многолетнемерзлых грунтов.

Задачи исследования:

1. Изучить особенности устройства трубопроводов в ММГ
2. Рассмотреть особенности устройства «Водовода низкого давления» на Куюмбинском НГКМ.
3. Рассмотреть возможность внедрения альтернативных методов производства на рассматриваемом объекте, а также рассмотреть их экономическую целесообразность.

Целью работы является рассмотрение вопросов сооружения трубопроводов в условиях многолетнемерзлых грунтов.

Глава 1. Устройство магистральных трубопроводов в вечно мерзлых грунтах

1.1. Понятие многолетнемерзлого грунта

Грунты имеющие в своем составе включения льда, а также имеющие нулевую или отрицательную температуру называются мерзлыми. Грунты,

находящиеся в мерзлом состоянии более трех лет называются вечномёрзлыми (Многолетнемерзлыми).

Сезоннопромерзающий грунт – это слой грунта, расположенный на поверхности, который оттаивает летом и промерзает зимой, но при этом, не сливается толщей ММГ;

Сезоннооттаивающий – слой грунта, летом оттаивающий и промерзающий в зимний период полностью до слияния с толщей многолетнемерзлых грунтов.

Геоэкологические последствия нарушения теплового режима при строительстве и эксплуатации трубопроводов в условиях ММГ приводят к нарушению растительного покрова, так же перераспределению снежного покрова, активизации геокриологических процессов и их новообразованию.

Мерзлые грунты по их состоянию подразделяются на следующие:

Твердомерзлые — характеризуются относительно хрупким разрушением и практически несжимаемостью под нагрузками от сооружений, эти грунты прочно сцементированы льдом;

Пластичномерзлые —характеризуемые способностью сжиматься под нагрузками от возводимых на них сооружений, в следствии наличия в них большого количества воды;

Сыпучемерзлые — несцементированные льдом вследствие малой влажности песчаные и крупнообломочные грунты.

Глубина сезонного оттаивания (промерзания) грунтов зависит от значений температур воздуха и свойств грунтов. Исходя из вышеперечисленного проводят выбор оптимальных трасс прокладки трубопроводов, состава, объёмов проведения инженерно-геологических изысканий. Данные являются важными факторами для проектирования магистральных и внутрипромысловых трубопроводов в условиях Крайнего Севера¹.

¹ 6. А.К. Даркацакян, Н.П. Васильев, Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемерзлых грунтах.- М.: Недра, 2007 – 167с

Деятельный слой

Сезонномерзлым, или сезонноталым, является так называемый деятельный слой, промерзающий зимой и оттаивающий летом. Термин деятельный слой получил широкое распространение среди строителей, так как он отражает важные в строительном отношении явления. В этом слое протекают следующие процессы: выветривание, пучение, замерзание и протаивание, изменение влажности, миграция, наледообразование и т.д.

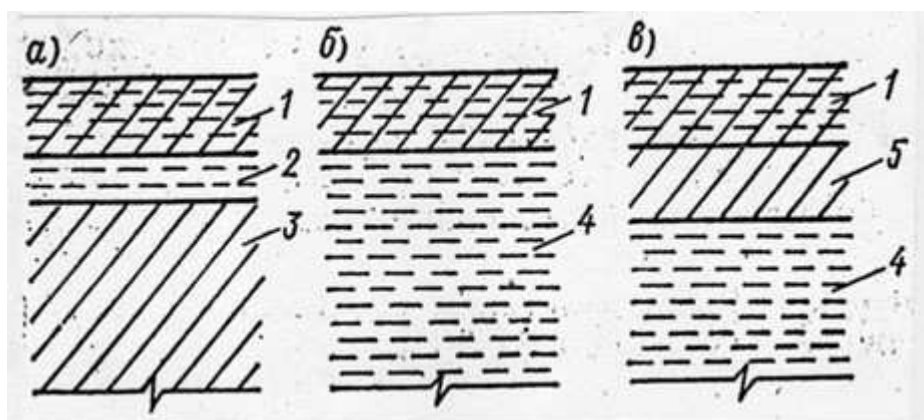


Рисунок 1. – Схема состава грунтов:

1– деятельный слой; 2 – перелеток; 3 – талый грунт; 4 – многолетнемерзлый грунт; 5 – талый, не промерзающий зимой грунт.

Мощность деятельного слоя, в каждом районе имеет значительные колебания, зависящие от толщины и состава растительного слоя, мощности снежного покрова и т.д.. На формирование толщины деятельного слоя особенно влияют торфяные и моховые покровы. Во многих случаях непосредственно под торфяным покровом обнаруживается поверхность вечной мерзлоты.

На южных склонах сопок поверхность вечной мерзлоты залегает глубже, на северных приближается к дневной поверхности. В широких долинах и в котловинах поверхность вечной мерзлоты, при прочих равных условиях, залегает на большой глубине, чем на холмах, и, следовательно, деятельный слой здесь более мощный. Во влажных почвах, в пониженных

местах, покрытых растительностью, мощность деятельного слоя уменьшается по сравнению с местами, имеющими сухие почвы или холмистую местность.

Техническими условиями проектирования технологических трубопроводов на вечномерзлых грунтах в результате многолетних наблюдений в зависимости от рассматриваемого района и состава грунтов установлена нормативная толщина деятельного слоя.

В тех случаях, когда отсутствуют данные наблюдений за глубиной сезонного оттаивания, толщину деятельного слоя можно определить при помощи теплотехнического расчета.

Непосредственно под деятельным слоем находятся вечномерзлые грунты. ВМГ представляет собой твердую монолитную массу способную выдержать значительные нагрузки. При воздействии на ММГ положительными температурами, он теряет свою монолитность и снижает несущую способность. При содержании в нем влаги он деформируется, приобретая при этом текучее состояние, и полностью теряет способность сопротивляться.

В природных условиях в районах распространения вечной мерзлоты протаивающие летом поверхностные слои подстилаются вечномерзлыми и в большинстве своем, особенно в пониженных местах, льдонасыщенными водонепроницаемыми грунтами, которые затрудняют свободную фильтрацию воды вниз. Поэтому вода остается в протаявшем слое и влияет на физические свойства его.

На территории РФ вечномерзлые грунты занимают около 65 процентов суши, во всем мире распространение МВГ составляет около 25 процентов².

Массивы вечной мерзлоты присутствуют на Кавказе, на Южном Урале, в Казахстане – вблизи г. Алма-Аты, Киргизии-около г. Фрунзе и т.д.

К южным границам России мощность толщи вечной мерзлоты уменьшается.

² Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов: учебное пособие / Н. А. Цытович. – М.: Высшая школа, 2013. – 448 с

По утверждению А.И. Калабина мощность толщи вечной мерзлоты независимо от абсолютных отметок данной местности под возвышенностями больше, чем в долинах рек и в низменностях. Нижняя граница вечной мерзлоты в горной местности представляет собой волнистую поверхность, повторяющую в несколько сглаженном виде формы рельефа поверхности земли.

Среднегодовая температура почвы является одним из основных условий, определяющих мощность вечномерзлого грунта, она сочетается с наличием отрицательных среднегодовых температур воздуха.



Рисунок 2 – Распространение многолетнемерзлых грунтов

Среднегодовая температура почвы является одним из основных условий, определяющих мощность вечномерзлого грунта, она сочетается с наличием отрицательных среднегодовых температур воздуха.

Мощность слоя вечной мерзлоты.

На территории Российской Федерации мощность слоя вечной мерзлоты изменяется от нескольких метров до 600-800 м, причем это не является пределом.

В высокогорных районах, где средние годовые температуры верхних горизонтов монолитных скальных пород ниже -15°C , мощность мерзлых

пород превышает 1000 м. в районах, где среднегодовая температура почвы ниже, мощность вечномерзлого грунта при прочих равных условиях обычно бывает больше, чем в тех районах, где среднегодовая температура почвы выше. О наличии или отсутствии ВМГ можно судить по температуре почвы на глубине 1,5 м.

Состав горных пород в той или иной степени способствует распространению тепловых потоков от источников тепла и оказывает влияние на мощность вечномерзлых толщ. Наиболее легко воспринимают и проводят тепло каменистые грунты, затем пески, суглинки, глины и торфянистые почвы.

Большое влияние на мощность толщ оказывают поверхностные и подземные воды. Во всех случаях с возникновением того или иного водоема связано уменьшение мощности мерзлоты под ним. Грунтовые воды, несущие большое количество тепла, способствуют увеличению таликов и сокращению толщи веной мерзлоты.

Положение нижней границы вечной мерзлоты определяется соотношением между притоком тепла к нижней поверхности земли. В этом отношении большую роль играют подмерзлотные – артезианские воды, несущие мощный поток тепла.

Кроме того, на теплообмен оказывает глубина и скорость перемещения восходящего потока, и химический состав подземных вод.

Климат играет наиболее важную роль в создании температурного режима деятельного слоя и многолетнемерзлой зоны.

По глубине многолетнемерзлые могут иметь сплошное залегание, представляющее собой сплошную мерзлоту без включений талых прослоек, и прерывистое, перемежающееся в вертикальном разрезе с прослойками талых грунтов.

В плане многолетнемерзлые грунты могут иметь сплошное и прерывистое распространение. Последнее состоит из участков талых грунтов, которые вклиниваются в вечную мерзлоту в виде пятен и островов. Кроме

того, мерзлота в плане может иметь островное распространение, а также в виде линз.

Сливающимися вечномерзлыми грунтами, называют такие грунты поверхность которых соприкасается с деятельным слоем в период его наибольшего промерзания. Несливающимися называют те поверхность которых в период наибольшего промерзания деятельного слоя отделяется от последнего прослойкой талого грунта.

Процессы, сопутствующие промерзанию и протаиванию грунтов

1) Пучение

Промерзание и протаивание оснований оказывает вредное влияние на устойчивость сооружений. При замерзании влаги, содержащейся в грунтах и поступающей из нижних слоев, происходит пучение грунтов, вызывающее те или иные деформации сооружений.

Под пучением грунтов понимается неравномерное увеличение объема их в процессе промерзания, которое происходит и за счет расширения воды, содержащейся в данном грунте при ее замерзании, и особенно за счет замерзания новых объемов воды, поступающих из нижних слоев грунта к фронту промерзания в процессе миграции влаги.

При миграции и замерзании влаги происходит сложный процесс внутриобъемного перераспределения ее, появляются различных форм и видов прослойки льда, линзы и т.д.

В зависимости от характера процессов различают несколько форм пучения: бугры пучения, наледные бугры, пучины на дорогах.

Пучение чаще всего происходит в местах распространения мелкодисперсных и особенно пылеватых грунтов. Пучины на дорогах возникают в результате процессов сезонного пучения переувлажненного грунта. Оно выражается в виде поднятия грунта на некоторую высоту в начале наибольшего развития в середине зимы и исчезновения летом.

Нередки случаи, когда вследствие действия сил пучения происходили серьезные деформации промышленных зданий, автодорог и т.д. Иногда можно

наглядно проследить процесс пульсации фундаментов, заложенных на малой глубине от поверхности, — поднятие, связанное с промерзанием, и опускание — с оттаиванием грунта.

Имеются случаи проявления остаточных деформаций, когда отдельные столбы линии связи, репера, стойки деревянных построек и т.д. увлекаются силами пучения и не возвращаются при оттаивании в первоначальное положение. В течении ряда лет такие стойки и столбы полностью выпираются из грунта и падают.

Если в деятельном слое имеются пучинистые грунты, то необходимо производить проверку устойчивости сооружений от воздействия сил пучения. Вредное влияние пучения может сказываться на трубопроводе, уложенном по свайным опорам, установленным на пучинистых грунтах.

2) Наледи

Большие затруднения в процессе строительства и эксплуатации сооружений в районах Севера вызывают наледи. Они появляются неожиданно чаще всего на неглубоких реках, имеющих широкое русло, или же на перекатах больших рек. Они образуются также в поймах рек, на склонах возвышенностей, у выхода действующих ключей, зданий, откосов земляных насыпей и т.д.

Наледь образуется вследствие уменьшения живого сечения водного потока за счет промерзания его русловой и подрусовой частей и возникновения большого гидростатического давления воды на преграждающую потоку толщу льда. Вода, прорывая преграду, выходит на поверхность, разливается по ней, устремляется в пониженные места и под воздействием низких температур замерзает, образуя ледяной покров — наледь. В течение зимнего периода потоки действуют непрерывно или периодически. В результате образуются наслоения льда, достигающие иногда нескольких метров.

На северных реках в середине и конце зимы можно наблюдать вздутия льда и появления бугров, вызванных гидростатическим напором воды.

Внезапность появлений наледей, огромная разрушающая их сила, грандиозный размер образований часто наносят серьезный ущерб предприятиям.

В зависимости от источника питания наледи делятся на три вида:

- наледи, питаемые речными водами;
- наледи, питаемые подземными водами;
- смешанные наледи — речных и подземных вод.

3) Солифлюкция

Под солифлюкцией понимается процесс перемещения увлажненной рыхлой горной породы по склонам в период оттаивания. Чаще всего солифлюкции можно наблюдать на склонах, где под грунтовым слоем находится прослойка подземного льда или слой сильно увлажненного суглинка. Солифлюкция происходит в результате более глубокой протайки поверхностного слоя горной породы и нарушений сцепления его с нижележащим слоем. Это явление характерно для вечной мерзлоты.

В результате перемещения рыхлой горной породы образуется пылевато-илистый материал, пропитанный до избыточного увлажнения влагой. В нем в виде примеси заключен более грубый, осколочный материал и органические остатки в виде обрывков слоев почвы, торфа, различных растений, а также мерзлой почвы с включениями льда.

Процесс солифлюкции часто оказывает вредное влияние на строящиеся и эксплуатируемые сооружения. Иногда под воздействием процесса солифлюкции происходили смещения отдельных участков дорог и временных построек.

4) Термокарсты

Термокарстами называют просадочные и провальные образования на поверхности земли, возникающие при вытаивании подземного льда. Они имеют широкое распространение в северных и северо-восточных районах России.

По форме термокарсты проявляются в виде воронок, провальных ям, котловин, озер вытаявания, термотеррас.

Термокарсты возникают в результате изменений теплового режима в верхних слоях земли, вызывающих вытаявание льда в толще мерзлых слоев и просадку. Они широко распространены там, где в толще мерзлоты имеются подземные или ископаемые льды.

Образованию термокарстов во многих случаях способствует деятельность человека. Наиболее ощутимой может быть роль термокарста в районах массового распространения подземных льдов при осуществлении строительства дорог, зданий, трубопроводов и особенно сооружений с тепловыделением, а также в результате уничтожения мохового или торфяного покрова, распашки, вырубки леса, лесных пожаров, и т.д.

Для устранения вредного действия термокарста на сооружения следует по возможности сохранять естественный растительный покров.[8]

Принципы использования многолетнемерзлых грунтов.

Строительство трубопроводов, прокладываемых в зонах распространения многолетнемерзлых грунтов, в большинстве случаев необходимо проводить в зимнее время с применением грунта в качестве оснований по I принципу строительства согласно СП25.13330.2012.

принцип I - многолетнемерзлый грунт основания применяют в мерзлом виде, сохраняя его во время строительства и в течение всего времени эксплуатации;

принцип II - многолетнемерзлый грунт основания применяют в оттаивающем или оттаянном виде.

I принцип используется, в случае, когда есть возможность удержания грунтов основания в мерзлом состоянии при целесообразных экономических затратах. На участках с твердомерзлыми грунтами, а также при повышенной сейсмической активности района нужно принимать, обычно, применение многолетнемерзлых грунтов по I принципу.

В летнее время при потере деятельным слоем грунта несущей способности и его применения по II принципу выполнение трассовых линейных работ допускается с использованием специальной техники и технологий, обоснованных технико-экономическим расчетом и отвечающих всем требованиям охраны окружающей среды.

Принцип II применяют в том случае, когда сооружения по трассе трубопровода, находятся на значительном расстоянии от трубопровода, а грунт основания на всю расчетную глубину оттаивания характеризуется незначительными осадками.

Принцип использования ММГ в роли основания для сооружений, необходимо выбирать на основе сравнительных технико-экономических расчетов.

На территории, которая застраивается, нужно предусмотреть, главным образом, один принцип использования мерзлого грунта в роли основания. Это требование нужно соблюдать и при проектировке новых и реконструкции существующих сооружений и зданий на территории застройки, и при размещении временных зданий и при прокладке инженерно-технической сети.

Линейное сооружение допускают проектировать с применением разных принципов использования ММГ в роли основания, на разных участках строительства, однако это требует предусмотреть меры, приспособляющие их конструкции к неравномерной деформации основания в месте перехода от одного участка к другому³.

³ 4. СП 25.13330.2012 Основания зданий и сооружений на вечномерзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 [Электронный ресурс].– режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200095519>

1.2. Основные методы прокладки трубопроводов в условиях ВМГ

Проектировка трубопровода, предназначенного для прокладки в районах вечномёрзлых грунтов, должна выполняться согласно СП36.13330.2012 (Магистральные трубопроводы)⁴.

В районах распространения ВМГ возможно использовать надземный, подземный и наземный способы прокладки трубопроводов.

При использовании подземной прокладке трубопровода объем выполняемых СМР больше, чем у наземного, но меньше, чем у надземного способа; технология и организация строительно-монтажных по сравнению с другими типами прокладки более простая, тепловые воздействия на грунт самые большие.

1.2.1. Подземный способ прокладки трубопроводов

Балластировка и закрепление подземных трубопроводов

Балластировка трубопровода железобетонным утяжелителем типа УБО и УБК должны осуществляться согласно требованиям СП 86.13330.2014.

Балластировка трубопроводов необходима для их закрепления на проектных отметках, а также для обеспечения надежности эксплуатации.

Для закрепления трубопроводов применяют конструкции, использующие пассивное давление грунта в основании траншеи и конструкции, создающие давление на трубу.

Применение тех или иных способов и конструкций балластировки и закрепления труб зависит от условий на участке трассы трубопровода, характеристик грунтов, а также наличия грунтовых вод.

Способы балластировки:

– раскрывающиеся винтовые анкерные устройства (ВАУ, АР), а также вмораживаемые;

⁴ 1. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200103173>

- установка групповым способом анкерных устройств и железобетонных утяжелителей;
- способ повышенного заглубления трубопровода.
- утяжелители железобетонные УБО (охватывающего типа) и 1-УБКм (клиновидного типа);
- использование минерального грунта, в том числе с использованием рулонных нетканых синтетических материалов (НСМ);
- применение полимерно-контейнерных балластирующих устройств (ПКБУ);

Утяжелители железобетонные УБО (охватывающего типа) делают из двух железобетонных блоков, двух металлических блоков, защищенных изолирующим покрытием, либо мягких, сделанных из синтетического долговечного материала, соединительных поясов.

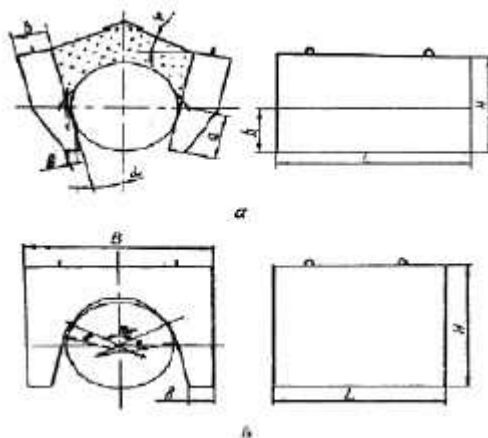


Рисунок 3. – Конструкции утяжелителей железобетонных: б - утяжелители типа 1-УБКм; а - утяжелители типа УБО.

Утяжелители железобетонные клиновидного типа 1-УБКм изготовлены по ТУ 102-421-86. Утяжелители представляют из себя седловидный железобетонный блок, у которого поверхность примыкает к трубе, которая образована из двух взаимно пересекающихся цилиндрических поверхностей с радиусом больше, чем трубный радиус.

Полимерно-контейнерные балластирующие устройства (ПКБУ) с наполнителем из грунта изготавливают по ТУ 6-19-210-82 и представляют из себя два контейнера сделанных из долговечного синтетического мягкого рулончатого материала, соединенных четырьмя силовыми лентами. Эти контейнеры имеют металлические распорные рамки.

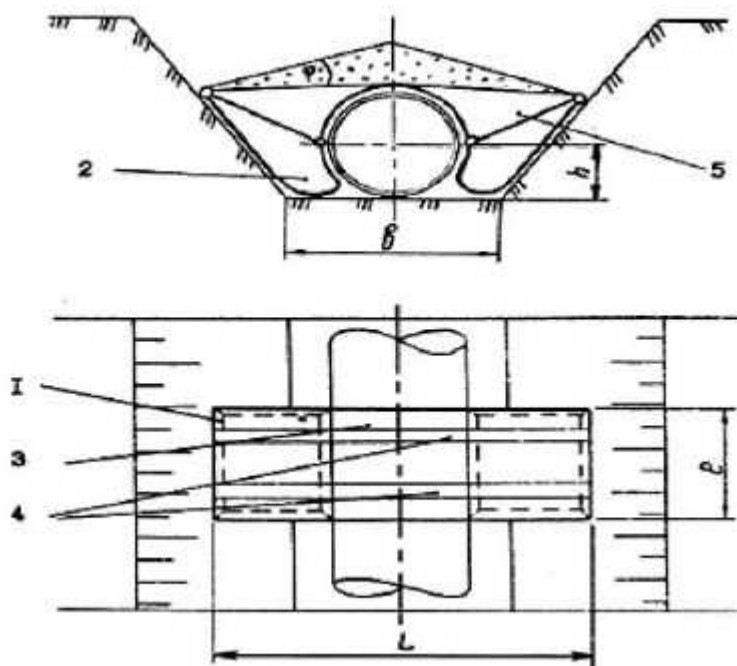


Рисунок 4. – схема применения полимерно-контейнерного устройства:
 1 - рамка жесткости; 2 - емкость; 3,4- нижняя и верхняя грузовые ленты;
 5 – Перегородка противоразмывная.

Грузовые ленты изготавливают из синтетических материалов. Вертикальные противоразмывные перегородки вшивают между лентами.

В целях повышения производительности труда и учета массы грунта засыпки траншеи при балластировке железобетонные утяжелители и ПКБУ кладут способом групповой установки.

Используемые конструкции и способы балластировки и закрепления труб выбираются проектирующей организацией и показываются в проекте, по следующим основным факторам:

- характер и тип грунта (прочностные и деформационные характеристики);

- уровень грунтовых вод;
- глубина траншеи;
- глубина и тип болот;
- схема прокладки;
- условие рельефа местности;
- методы и сезон исполнения строительно-монтажных работ;
- экономическая целесообразность.

Балластирование труб утяжелителями железобетонными типа УБО и УБК возможно проводить на болотах любых типов, вне зависимости от глубины, вечной мерзлоте, поймах рек. Экономически целесообразно использовать утяжелитель типа УБО в случаях, если можно воспользоваться в роли дополнительного балласта траншейный грунт засыпки.

Процесс закрепление труб анкерными винтовыми устройствами ВАУ-1 возможно делать на болотах, глубина которых меньше или равна глубине траншеи, при том до процесса засыпки траншеи необходимо обеспечить проектное расположение трубы. Подстилающие грунты в болоте должны обеспечить экономическую целесообразность несущей способности анкеров винтовых. К тому же анкерные винтовые устройства нужно использовать для закрепления труб, проложенных на участках с обводнением, которое можно прогнозировать.

Раскрывающиеся анкеры можно использовать для закрепления труб, проложенных на болотах и обводняемых участках, при этом верхним

анкерным лопастям после раскрытия следует находиться на глубине не менее 3 м в минеральном грунте.

Анкерные винтовые устройства в большинстве случаев используются на болотах, подстилаемых супесчаными и песчаными грунтами, а раскрывающиеся анкеры - суглинистыми и глинистыми грунтами.

Анкерные устройства и железобетонные утяжелители используются для закрепления и балластирования трубопроводов на подводных переходах

шириной от 50 м и менее. При том анкерные устройства или утяжелители устанавливаются на береговых неразмываемых участках.

Полимерно-контейнерные балластирующие устройства используются в целях балластирования труб, проложенных на обводненных участках трассы и участках с прогнозируемым обводнением. Заполнение привозным минеральным грунтом контейнеров этими устройствами допускается на болотах глубина которых не больше глубины траншеи.

Балластировка труб закрепленными грунтами возможно проводить на обводненных участках и участках с прогнозируемым обводнением при отсутствии воды в траншее во время проведения работ.

Балластирование труб грунтами с использованием нетканых синтетических материалов (НСМ) возможно проводить на участках трассы с прогнозируемым обводнением, на вечномерзлых грунтах, на заболоченных и обводненных участках при отсутствии воды в траншее во время проведения работ.

Закрепление труб вмораживаемым анкерным устройством проводят в твердомерзлом песчаном и глинистом грунте, а также в болотах с мощностью торфяного покрова не больше глубины траншеи при том, что несущим элементам вмораживаемых анкерных устройств следует находиться в вечномерзлом грунте в течении всего времени эксплуатации⁵.

1.2.2. Надземный способ прокладки

Сложность надземной прокладки обусловлена большим количеством технологических шагов при выполнении буровых работ и работ по погружению свай.

Забивку свай нужно проводить с огромной точностью, отклонение допустимое от оси вертикали равно 2 см. Если этот допуск превышен сваю нужно демонтировать и забить снова (лучший случай). В худшем случае

⁵ 12. ВСН 39-1.9-1.9.003-98 Конструкции и способы балластировки и закрепления подземных газопроводов. – М.: ВНИИСТ, 1998. – 46 с

придется ее перенести в иное место, подразумевающее утверждение и введение поправок в изначальный проект.

Опора – одна из наиболее ответственных деталей систем трубопровода. На нее направляется большая часть усилия от трубы, передающееся затем несущим конструкциям или грунтам.

Важнейшую роль имеет строение опоры. Конструкция должна разрабатываться так, чтобы уменьшить трудность монтажа опоры на строительстве трассы на Крайнем Севере.

Чтобы основа трубы подстраивалась под изменчивое состояние грунтов и самой трубы — а они существенны, если учитывать очень большой температурный перепад, обычных на северных районах, нужно применять опоры различных конструкций.

Неподвижная опора должна жестко держать трубопровод и не давать ей переместиться. Такая опора воспринимает вертикальную нагрузку от веса среды и трубы, горизонтальную нагрузку от тепловой деформации трубы, а также нагрузку от гидравлического удара, вибраций и пульсаций.



Фотография 5. – Опора неподвижная

Конструкции неподвижных опор представляют из себя единую сваренную конструкцию, выполненную таким образом, чтобы передать полученную от трубопровода нагрузку на свайный фундамент. Неподвижная

опора приваривается к ростверку через регулируемые стойки. Ростверк приваривают к опорным узлам, которые приваривают к фундаментным сваям.

Трубопровод между опорами неподвижными держат опоры продольно и свободноподвижные. Эти опоры дают трубопроводу возможность, в зависимости от температуры расширения и давления, перемещаться в поперечном, горизонтальном и осевом направлениях.

Опора продольно-подвижная используется в целях обеспечения продольного перемещения трубы, вызванного температурной деформацией, давлением внутренним из-за рабочей среды в трубе и т.п. Опоры продольно-подвижные устанавливаются на прямых участках трассы до и после опоры неподвижной чтобы разгрузить от усилий боковых и чтобы обеспечить продольную устойчивость трубопровода.

Опоры свободноподвижные кроме свободного движения труб по горизонтали, дают возможность наклона в сторону продольной оси трубы. На ростверк поставлены упоры боковые на протяжении, дающем поперечную и продольную подвижность трубы.





Фотография 6. – Продольно-подвижная и свободно-подвижная опора

Применение различных видов надземных устройств дает возможность удерживать с необходимым обеспечением жесткости трубу даже при выходе из строя двух опор. Установка нескольких опор дает возможность обеспечивать наименьшую конструкционную металлоемкость.

На участках III и IV категорий по просадочности надежная работа трубопровода и сохранение многолетнемерзлых грунтов от растепления обеспечиваются при сооружении трубопровода надземно на опорах.

Компенсация продольных напряжений обеспечивается соответствующей укладкой трубопроводов в плане чередующимися прямолинейными и слабоизогнутыми участками.

Конструктивные решения надземных трубопроводов большого диаметра гораздо сложнее аналогичных решений трубопроводов диаметром до 500 мм. Это вызвано и большими нагрузками на опоры трубопровода, и большой жесткостью труб. Обычные опорные части, например, с трением стали по стали не применимы для трубопроводов большого диаметра, так как они создают разрушающие горизонтальные нагрузки для обычных свайных опор. Необходимость очистки полости трубы вынуждает отказываться от обычной системы самокомпенсации с применением П-образных компенсаторов. Большая жесткость труб диаметром 1220—1420 мм препятствует прокладке трубопроводов параллельно рельефу местности и так

далее. Эти обстоятельства сдерживают применение надземной прокладки трубопроводов большого диаметра.

1.3. Анализ способов прокладки трубопровода в многолетнемерзлых грунтах

В процессе строительства и эксплуатации трубопроводных систем происходит вживание их техногенных элементов в естественную природную среду, которое самым непосредственным образом сказывается на динамике изменения мерзлотного слоя.

При освоении регионов с вечномерзлыми грунтами все чаще отдается предпочтение надземному способу прокладки трубопроводов. Но нередко практика показывает неоправданность такого решения. Например, при введении в эксплуатацию установки комплексной подготовки газа на Заполярном ГНКМ в 2002 г. через три года в ее зоне стал наблюдаться подъем трубопроводов в виде арок над ростверками надземных опор⁶.

Так как температура транспортируемого газа положительная, при взаимодействии газопроводов с многолетнемерзлыми грунтами (ММГ) происходит их оттаивание и осадка трубопроводов. Это ведет к деформированию трубопроводов и возрастает риск возникновения аварийных ситуаций.

К наиболее аварийноопасным относятся участки газопроводов на подходе к зданиям переключающей арматуры (ЗПА) УКПГ, где газопроводы переходят из подземной в надземную прокладку.

Естественные процессы подчинены нулевому годовому теплообороту, благодаря которому мерзлые массивы и реликтовые образования сохраняются в неизменном состоянии. Строительство и эксплуатация трубопроводов нарушают это состояние.

⁶ Кутвицкая Н.Б., Дмитриева С.П., Рязанов А.В. и др. Некоторые особенности теплового влияния внутрипромысловых газопроводов подземной и наземной прокладки на многолетнемерзлые грунты в условиях заполярного ГНКМ [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://www.fundamnt.ru/publications/pub028.html>.

Согласно СП 36.13330.2012 для магистральных трубопроводов в условиях ММГ предусматривается не только подземная прокладка трубопроводов, но и при соответствующем обосновании допускаются наземный (в насыпи) и надземный способы прокладки.

Рассмотрим каждый способ в отдельности:

Подземная прокладка.

Опыт строительства на вечномёрзлых грунтах показывает, что классические технические решения абсолютно непригодны и даже расточительны в финансовом отношении. Поэтому очевидна необходимость разработки и применения новых технических решений с учетом долгосрочных прогнозов и управлением температурным режимом грунтов оснований, способных компенсировать или предупредить отрицательное воздействие тепла для существующих, строящихся и проектируемых площадочных и линейных сооружений.

При возведении новых объектов в районах распространения ВМГ часто нарушается тепловое состояние грунтов, в связи с чем, происходит оттаивание грунта, что несет за собой возможную осадку зданий и сооружений. Прокладку трубопроводов сопровождают нарушения целостности мерзлых грунтов. Во время эксплуатации трубопровод оказывает влияние теплового характера на окружающую среду.

Таким образом, эксплуатация магистральных трубопроводов в условиях ММГ, должна быть не только энергоресурсосберегающим, но и экологически безопасным.

Поэтому необходимо исполнять следующие условия:

Необходимо ограничить ореол протаивания под трубопроводом для соблюдения требований экологической безопасности;

Необходимо повысить надежность конструкций путем недопущения защемлений трубопроводов из-за бугров пучения;

оптимизация, из условия минимума затрат;

соответствие нормам технологического проектирования параметров технологических трубопроводов.

Если управлять процессом теплообмена, возможно поддержать на постоянном уровне нулевой теплооборот на поверхности массива, то есть можно обеспечить экологическое равновесие и восстановить нарушенный радиационно-тепловой баланс.

Чтобы сохранить окружающую среду необходимо обеспечить сбалансирование тепловых потоков у поверхности массива и после работ по укладке трубопроводов. Поэтому нужно и необходимо, чтобы изменение температуры поверхности у деятельного слоя оставался прежним. По-другому, тепловой поток, исходящий из стенки трубопровода в грунт, не должен достичь грунтовой поверхности.

Таким образом подземная прокладка, это выгодный и экономичный вариант решения проблемы, так как не требует дополнительных затрат. Но при выборе данного способа прокладки трубопроводов возникает необходимость в разработке многолетнемерзлых грунтов, что является существенным недостатком, так как нарушается природное мерзлотно-грунтовое основание сооружений. Поэтому при строительстве необходимо максимально сохранять естественное природное состояние вечномерзлых грунтов.

В настоящее время существуют различные способы, предотвращающие прогрессирующие таяние под сооружениями за счет использования естественного холода. К ним относятся горизонтальные трубчатые системы замораживания и температурной стабилизации грунтов и вертикальные трубчатые системы замораживания.

При строительстве линейной части трубопроводов также можно использовать трубчатые сезонно-охлаждающие устройства (СОУ) для поддержания несущей способности грунта в мерзлом состоянии.

Надземная прокладка.

В настоящее время способ наземной прокладки получает все большее применение несмотря на то, искусственное промораживание грунтов может явиться причиной другого опасного явления — пучения грунтов.

Согласно мнениям исследователей наиболее экономически и эксплуатационно выгодный способ прокладки трубопроводов в условиях Крайнего Севера - наземный. Однако, при использовании данного способа, необходимо учитывать, что конструкция наземных опор должна строго удовлетворять не только требованиям экономичности, но и требованиям безопасности, также стоит помнить, что использование тяжелой техники для монтажа свайных фундаментов под опоры трубопровода, нарушает почвенно-растительный слой, что может привести к протаиванию, оврагообразование вокруг свай, что в свою очередь может привести к нарушению несущей способности свай.

Наземный способ прокладки.

При рассмотрении наземного способа прокладки трубопроводов, стоит отметить, что на первый взгляд он больше других соответствует принципу наименьшего вторжения в структуру вечномёрзлых грунтов.

Преимуществами данного способа прокладки трубопроводов являются:

1. Отсутствие необходимости в разработке траншеи. Отсутствие необходимости разработки положительно влияет, как на состояние ММГ, так и на снижение стоимости строительства.

2. При наземной прокладке трубопровод может самокомпенсировать напряжения и деформации в теле трубы.

3. Отсутствуют колебания от ветровой нагрузки.

4. Отсутствие необходимости в устройстве дорогостоящих термостабилизаторов, так как нет необходимости замораживать грунт.

5. Нет необходимости в предусмотрении мероприятий по балластировке трубопроводов.

6. Надежность в сейсмически неустойчивых районах, поскольку проложенный в насыпи трубопровод, не имеет жесткой связи с природным массивом.

10. На основании анализа эксплуатации газопровода Соленинское–Месояха–Норильск можно отметить, что вероятность отказов при наземной прокладке значительно ниже, чем при других способах прокладки. Так, частота отказов на 1 км трассы на подземных участках составляет около 3, на надземных — 0,42, на наземных — 0,13, причем распределение отказов зависит от типа грунта, а наименьшее число отказов приходится на участки открытой наземной прокладки.

Несмотря на положительные аспекты, как и у других способов прокладки трубопроводов имеются и отрицательные:

1. В случае аварии - необходимость обеспечения безопасности людей и экологии.

2. Отсутствует возможности прокладывать трубопровод наземно при наличии большого уклона поверхности, и при перепаде высот.

Глава 2 Анализ особенностей устройства «Водовода низкого давления Куюмбинского нефтегазоконденсатного месторождения»

2.1 Краткая характеристика района строительства

Участок строительства объекта производства работ расположен на территории Эвенкийского района Красноярского края Российской Федерации.

Территория исследований находится в границах Средне-Сибирского плоскогорья и расположена в средней полосе таёжной зоны (средняя тайга). Согласно лесорастительному районированию Г.В. Крылова (1960), она относится к Тунгусской подпровинции елово-лиственничных лесов Среднесибирской провинции светлохвойных лесов. Исходя из схемы ботанико-географического районирования, разработанной Л.В. Шумиловой (1962) и основанной на закономерностях географического и топологического размещения фитоценозов, исследуемый район относится к Южно-Эвенкийской провинции Центрально-Сибирской страны.

Геологическое строение района приводится в соответствии с геологической картой СССР масштаба 1:200000, лист Р-47-XXVI (серия Тунгусская) и представлено отложениями средне-верхнекембрийского и нижнеордовикского возраста, а также образованиями триасового интрузивными траппового комплекса, перекрытых с поверхности маломощным чехлом четвертичных отложений делювиально-элювиального генезиса.

Палеозойская группа

Кембрийская система (Є)

Верхний отдел (Є3)

Турамская свита (Є3tr)

В тектоническом отношении район работ расположен в пределах Вельминской синеклизы.

В современном структурном плане территория представляет собой моноклираль северо-западного простирания с пологим общим падением пород

на северо-восток. Моноклираль осложнена рядом более мелких структур, ориентированных в северо-западном направлении, наиболее значительными из которых являются Чавычинская впадина, Юрубченское куполовидное поднятие, Тохомская брахиоантиклиналь, Мадринская мульда.

Согласно СНиП II-7-81* СП 14.13330.2014 [1] территория характеризуется низкой сейсмичностью. Сейсмичность, согласно картам ОСР-97-В и ОСР-97-С, составляет 5 баллов.

Учитывая низкую сейсмичность территории, разрывные нарушения и разломы не представляют опасность для объекта.

Рассматриваемая территория проведения работ располагается на территории Эвенкийского района Красноярского края, Куюмбинское месторождение.

В результате проведенных исследований на данном участке по материалам полевого описания грунтов, лабораторных исследований с требованиями ГОСТ 25100-2011 [2] выделено 20 инженерно-геологических элементов.

Минимальное количество определений (испытаний) для каждого выделенного слоя (ИГЭ) достаточно для статической обработки по ГОСТ 20522-2012 [3].

Механические характеристики приведены в соответствии с СП 22.13330.2011 [4], Приложение В.3, поскольку содержание крупных частиц (крупностью более 2 мм) составляет более 5% (ГОСТ 12248-2010 [5]).

Описание каждого ИГЭ ниже.

Биогенные грунты b QIV

ИГЭ – 2. Почвенно-растительный слой с корнями растений и деревьев. Слой встречен на протяжении всего исследуемого участка. Залегает с поверхности, мощностью 0.20 – 0.40 м. Слой выделен по полемому описанию. Группа грунта по трудности разработки – 9б.

Делювиальные грунты a-d QIV

ИГЭ – 10тв Супесь щебенистая твердая. Широко распространена в верхних частях разреза на всех участках, вскрытой мощностью 0.6 – 2.6 м. Группа грунта по трудности разработки – 36г.

ИГЭ – 11тв Суглинок щебенистый твердый. Широко распространен в верхних частях разреза на всех участках, вскрытой мощностью 0.5 – 2.2 м. Группа грунта по трудности разработки – 35г.

ИГЭ – 73 Глыбовый грунт малой степени водонасыщения. Вскрытая мощность 0.7 – 2.2 м. Группа грунта по трудности разработки – 10к.

ИГЭ – 76мс Щебенистый грунт заполнитель суглинок твердый. вскрытой мощностью до 5.8 м. Группа грунта по трудности разработки – 41б.

ИГЭ – 85мс Дресвяный грунт заполнитель супесь твердая. Получил широкое площадное распространение, вскрытой мощностью до 12.0 м. Группа грунта по трудности разработки – 14.

Мерзлые грунты

Получили островное распространение на линейной части.

ИГЭ – м85 Дресвяный грунт заполнитель супесь слабольдистая, мощностью до 4.6 м. Группа грунта по трудности разработки – 5г.

ИГЭ – м73 Глыбовый грунт слабольдистый, мощностью до 1.3 м. Группа грунта по трудности разработки – 10к.

ИГЭ – м+дл94мп Доломит малой прочности морозный, мощностью до 2.2 м. Группа грунта по трудности разработки – 12а.

Кембрийские скальные породы (Є3)

ИГЭ – дл94мп Доломит малой прочности размягчаемый средневыветрелый. Распространен в основании разреза, вскрытой мощностью 1.2 – 2.6 м. Группа грунта по трудности разработки – 12а.

ИГЭ – дл94сп Доломит средней прочности размягчаемый средневыветрелый. Распространен в основании разреза, вскрытой мощностью 1.1 – 2.5 м. Группа грунта по трудности разработки – 12а.

ИГЭ – дл94п Доломит прочный неразмягчаемый средневыветрелый. Распространен в основании разреза, вскрытой мощностью 1.5 – 2.2 м. Группа

грунта по трудности разработки – 12б. Для характеристики климата в районе строительства использованы данные многолетних наблюдений по метеостанциям Усть-Камо и Байкит.

Климат района резко континентальный, с суровой продолжительной зимой и прохладным коротким летом. Зима очень холодная и продолжительная.

Безморозный период очень короткий. Резкие колебания температуры в течение года и даже суток. Абсолютный максимум (июль): плюс 38.9°C, абсолютный минимум: минус 56.5°C, среднегодовая температура воздуха: минус 6.3°C. Зима продолжительная и холодная. К концу зимы высота снежного покрова достигает 0.6 метра на открытых местах, до 0.9 метра - в лесу. Осадки (11-13 дней в месяц) выпадают преимущественно в виде ливней. Сезоннооттаивающий слой грунта промерзает на глубину до 2-х м.

Средняя многолетняя величина осадков может изменяться по территории от 35-50 до 200 мм.

Подземные воды района по условиям залегания подразделяются на надмерзлотные и подмерзлотные.

Надмерзлотные воды.

Надмерзлотные воды приурочены к рыхлым слабоцементированным четвертичным отложениям, частично к трещиноватым скальным породам. Водоупором для них является толща многолетней мерзлоты. Питание надмерзлотных вод осуществляется за счет атмосферных осадков и, в меньшей степени, благодаря оттаиванию мерзлоты. По химическому составу надмерзлотные воды относятся к гидрокарбонатным кальциево-магниевым, с минерализацией 0.3 г/л, рН – 7.1 – 7.7, температура от +1 до +4°.

Подмерзлотные воды.

В пределах изученной территории выделяются следующие водоносные комплексы подмерзлотных вод: средне-верхнекембрийский, ордовикский, связанный с траппами.

Наиболее водообильными являются отложения кембрия и нижнего ордовика, характеризующиеся трещинно-пластовым и пластово-карстовым типами вод. Представлены они безнапорными источниками, приуроченными к прослоям известняков и доломитов. Водоупором служат алевролиты, алевролитистые доломиты. Питание водоносного комплекса происходит за счет подтока вод из вышележащих горизонтов и за счет инфильтрации атмосферных осадков через трещины в породах вышележащих горизонтов. Воды этого типа пресные, прозрачные, бесцветные, без запаха. По химическому составу воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциево-магниевые-натриевые, реже гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные кальциево-магниевые. Температура вод 2 - 5°, минерализация низкая (от 0.1 до 0.4 г/л), общая жесткость от 2 до 8 мг-экв.л., рН от 7.1 до 7.3. Дебит источников 0.1 – 1.8 л/сек.

Значительное распространение в районе имеют воды пластово-карстового типа, приуроченные к карбонатным породам среднего - верхнего кембрия и ордовика. Косвенными признаками, свидетельствующими о наличии этого типа вод, могут служить широко развитые карстовые явления - карстовые воронки, линейный карст, исчезающие реки и т.п. По физико-химическим характеристикам данные воды не отличаются от вод пластово-трещинного типа. Питание их происходит за счет атмосферных осадков, просачивающихся через трещины, карстовые пустоты и провалы.

Довольно широкое развитие интрузивных тел и многочисленные разрывные нарушения обуславливают наличие подземных вод трещинного типа. Трещинные воды, приуроченные к траппам. Воды пресные, прозрачные, бесцветные, имеют низкую температуру, по составу гидрокарбонатно - кальциевые.

Все описанные подземные воды пригодны для водоснабжения и технических нужд.

Непосредственно грунтовые воды не вскрыты.

2.2 Особенности устройства трубопровода подземной и надземной прокладки

При строительстве магистральных трубопроводов способом подземной прокладки, необходимо предусмотреть применения надежного основания для укладки трубы в траншею. К таким основаниям можно отнести продольные сплошные настилы из пластин, уложенных поперёк траншеи, и подземные эстакады. При этом сложность, трудоёмкость и дороговизна данных методов не позволяют считать их рациональными решениями. Более простым методом считается устройство грунтового основания. Его можно устроить путём замены местного грунта в основании или выполнением мероприятий по предварительному оттаиванию и уплотнению местного грунта.

Замена грунтов проводится на глубине расчётного протаивания их под трубопроводом. Ширина искусственного основания принимается равной ширине дна траншеи как это показано на рис. 5.

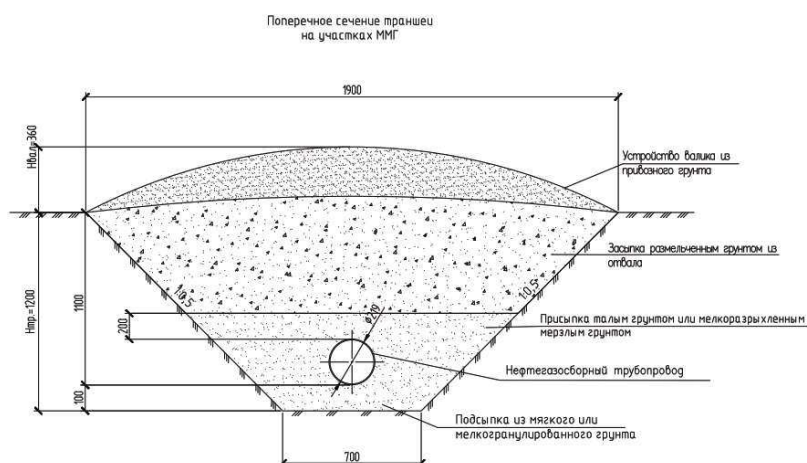


Рисунок 5. Устройство подземного трубопровода

При проведении работ по замене грунтов основания следует использовать местный, или привозной, уплотнённый малопросадочный грунт. Толщина заменяемого слоя грунта в основании трубопровода зависит от вида заменяемых просадочных грунтов, глубины заложения трубы и её диаметра.

Необходимо отметить, что классические технические решения подземной прокладки трубопроводов в вечномёрзлых почвах крайне расточительны с экономической точки зрения. Это обстоятельство ведёт к

необходимости разработки новых технических решений с учётом контроля температурного режима грунтовых оснований, который способен компенсировать или предотвратить негативное воздействие тепла на трубопровод.

Однако недостатком способа подземной прокладки является необходимость разработки грунтов. Как ранее отмечалось, любое вторжение в структуру ММГ несет за собой негативные последствия для использования данных грунтов качестве основания.

Надземный способ прокладки, в настоящее время находит все большее применение вне населённых пунктов. Основным фактором, влияющим на успех реализации надземной прокладки трубопроводов, являются климатические условия в конкретных районах строительства. Как ранее отмечено на рассматриваемом объекте перепад температур составляет от $-56,5^{\circ}\text{C}$ зимой до $+38,9^{\circ}\text{C}$. Вследствие этого «Водовод низкого давления» надземной прокладки может испытывать неравномерную осадку опор, что отразится на его надёжности и безопасности эксплуатации.

Для непросадочных грунтов основания самым простым и дешёвым типом является прокладка трубопроводов по поперечным опорам, проложенным на естественной или планируемой поверхности или на земляных призмах. Однако опоры данного типа проектируют незначительной высотой, что при небольшой просадке приводит к контакту трубопровода с поверхностью земли. При этом наружная изоляция труб увлажняется и может потерять присущие ей теплоизоляционные свойства. При устройстве таких опор на них целесообразно укладывать трубопроводы в основном небольших диаметров из относительно лёгких материалов, таких как асбестоцемент, полипропилен и т. д.

Более совершенным типом опор могут служить городковые опоры, которые по причине особенностей их проектирования и строительства обеспечивают достаточный просвет между нижней частью трубопровода и поверхностью земли вдоль трассы. В случае проектирования трубопроводов

над сильнопросадочными и льдонасыщенными грунтами устраивают свайные основания из железобетонных опор или деревянных брусков.

Заслуживает особого внимания разработанный С. А. Тимашевым метод «расчёта надёжности в пространстве нагрузок», который предлагает при расчётах нагрузок считать постоянными величинами собственный вес конструкции, перекачиваемый продукт и рабочее давление транспортируемой среды. При этом за переменные величины принимаются: кинематическое воздействие от просадки (пучения) опор, воздействие от ветровой нагрузки, степень повреждения (дефектности) трубопроводов. В этом случае строится допустимая зона по условно-предельному состоянию, то есть достижению эквивалентными напряжениями предела текучести материала трубы, а трубопровод рассматривается как многопролётная неразрезная тонкостенная трубчатая балка [6].

К современным техническим решениям конструкции опор можно отнести специальные опоры, снабжённые трубчатыми системами, противодействующими промораживанию почвы, её пучению и сейсмической активности, что не может гарантировать безаварийную эксплуатацию трубопроводов.

В частности, при пучении грунтов образуются искусственные бугры, что ведёт к неравномерному выпучиванию свай, достигающему нескольких десятков сантиметров. При этом теряется устойчивость самого трубопровода по причине смещения положения оси, что может явиться причиной аварийной ситуации.

Тем не менее, по заключениям специалистов, одним из лучших решений строительства трубопроводов на Крайнем Севере является именно надземный способ. При этом обязательным условием должно быть максимальное соответствие проектных и строительных работ требованиям экологической безопасности.

Также надземный способ максимально соответствует идее наименьшей разработки грунта по трассе прокладки трубопроводной сети. При

значительной удалённости места прокладки трубопроводов, сопровождаемой сложностями в организации доставки материалов и оборудования на трассу и отсутствием теплоизоляционных материалов трубопроводов, в качестве альтернативы свайным основаниям возможна прокладка одиночных ниток трубопровода в земляных валиках, что можно охарактеризовать как наземный способ прокладки.

Достоинство данной технологии строительства трубопроводов заключается в том, что не требуется вмешательство в грунтовый массив с соответствующими материальными и экологическими последствиями в виде повышения затрат на строительство, нарушения растительного покрова, препятствия ветровым нагрузкам, которые присутствуют при наземном способе.

Возвращаясь к «Водоводу низкого давления», отметим, что, согласно проектной документации, все строительные-монтажные и земляные работы производятся в соответствии с требованиями нормативных документов СП 45.13330.2012, СНиП 2.04.02-84.

Способ прокладки трубопроводов, глубина заложения приняты в соответствии с требованиями СНиП 2.04.02-84.

Основным критерием выбора способа прокладки трубопровода в условиях распространения вечномёрзлых грунтов является обеспечение минимального нарушения температурного и влажностного режимов грунтовых оснований, обеспечивающих прочность и устойчивость трубопровода.

При выборе способа прокладки в условиях ВМГ учитывались следующие факторы:

Просадочность грунта основания;

характер распространения просадочных грунтов в полосе трассы трубопровода;

криогенное строение грунтового основания;

температура грунта;

глубина деятельного слоя;
расположение горизонта грунтовых вод и степени обводненности прилегающей территории;

характер изменения температуры продукта по длине трубопровода и во времени.

Основными способами прокладки проектируемых трубопроводов приняты – подземный, и надземный.

Глубина заложения трубопроводов принята в соответствии с требованиями нормативных документов СП 31.13330.2012.

Исходя из условий обеспечения сохранности трубопроводов от механических повреждений, минимальная глубина заложения до верхней образующей трубы составляет не менее 1 м.

При подземной прокладке трубопроводов разработка траншеи ведется одноковшовым экскаватором, обратная засыпка - бульдозером.

Способ разработки траншеи и прокладки трубопроводов на болотах принимается на основании материалов инженерных изысканий согласно действующим нормам проектирования, с учетом экономических показателей и технической оснащенности подрядных организаций.

При укладке труб и засыпке траншеи необходимо обеспечить:

- проектное положение трубопровода;
- сохранность труб и изоляционного покрытия;
- плотное прилегание трубопровода ко дну траншеи.

Повороты трубопроводов в вертикальной и горизонтальной плоскости следует выполнять упругим изгибом сваренных ниток трубопроводов или монтажом криволинейных участков из гнутых отводов.

Для уменьшения воздействия морозного пучения, при прокладке трубопроводов по суходольным участкам, согласно п. 6.32 СП 34-116-97 трубопровод укладывается на основание из привозного, мягкого непучинистого грунта высотой 0,1 м, засыпка производится таким же грунтом высотой не менее 0,2 м над верхом.

При надземной прокладке высота трубопроводов над землей на участках, где предусматривается использование вечномерзлых грунтов в качестве основания, назначается из условия обеспечения вечномерзлого состояния грунтов под опорами и трубопроводом и составляет 1,2 м.

Технологические требования по способу прокладки водоводов состоят в обеспечении прочности трубопровода, экологические - в минимальном воздействии на чувствительные вечномерзлые грунты (ВМГ) в районе строительства.

Выбор трассы трубопровода выполнен из условия минимизации нанесения ущерба окружающей природной среде и обеспечения высокой надежности и безаварийности в период эксплуатации.

Строительство проектируемых трубопроводов осуществляется в одну нитку. Трасса проектируемых трубопроводов согласована с заказчиком.

Согласно СанПиН 2.1.4.1110-02 для обеспечения нормальных условий эксплуатации и исключения возможности повреждения для проектируемых трубопроводов установлена охранная зона вдоль трасс трубопроводов - в виде участка земли, ограниченного условными линиями, находящимися в 10 м от оси трубопровода с каждой стороны.

Таблица 2- Характеристика трасс трубопроводов

№ п.п.	Наружный диаметр трубопровода х толщина стенки, мм	Протяженность, м							
		Болота			Водные преграды		Насыпной грунт	Суходол	Всего
		I тип	II тип	III тип	Ручьи	Пов. воды			
Трубопровод речной воды В7 от площадки ВХ1 до точки врезки									
1	273x8	-	-	-	4,5	-			3596
Трубопровод речной воды В7 от точки врезки до ЦПС									
2	219x6	-	-	-	-	-	-	-	151
Трубопровод речной воды В7 от точки врезки до ВЖК									
3	114x6	-	-	-	-	-	-	-	1534

Выбор труб выполнен на основании расчетов на прочность при максимально возможном давлении перекачиваемого продукта в трубопроводе $P_{max} = 4,0$ МПа, в соответствии с климатическими характеристиками района строительства, принятыми согласно материалов изысканий.

Для повышения надежности и снижения аварийности в процессе эксплуатации для водоводов предусмотрены трубы электросварные изготовленные по ГОСТ 10704-91 и трубы стальные бесшовные нефтегазопроводные по ТУ 1317-006.1-593377520-2003, для надземной и подземной прокладки трубопровода в тепловой изоляции сегментами и полуцилиндрами из жесткого пенополиуретана по ТУ 5767-001-01297858-02 толщиной 60 мм с покровным слоем. Для надземных трубопроводов предусматривается покровный слой из стали оцинкованной по ГОСТ 14918-80 толщиной 0,5мм. Для подземных трубопроводов покровный слой – заводская ПЭ-оболочка.

Соединительные детали для трубопроводов (отводы, переходы, тройники) выполняются из сталей, аналогичных материалу труб, применяемых в проектной документации, для надземной прокладки трубопровода.

Все трубы и детали на заводах-изготовителях подвергаются 100 % контролю неразрушающим методом и гидравлическому испытанию.

Трубы и соединительные детали трубопроводов имеют сертификаты соответствия требованиям нормативной документации Российской Федерации. Сертификаты соответствия поступают на место строительства вместе с трубами и соединительными деталями с завода-изготовителя этой продукции.

Технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте, согласно Федеральному закону №116-ФЗ (ст. 7) соответствуют требованиям технического регламента Таможенного союза "О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах" (ТР ТС 012/2011) и

технического регламента Таможенного союза "О безопасности машин и оборудования" (ТР ТС 010/2011).

При изготовлении предусмотренного проектом оборудования и запорной арматуры должно быть обеспечено их соответствие требованиям конструкторской документации, технического регламента Таможенного союза ТР ТС 010/2011 "О безопасности машин и оборудования" и технического регламента Таможенного союза "О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах" (ТР ТС 012/2011).

Для удобства обслуживания и ремонта, оперативного и безопасного отключения отдельных участков трубопровода, разделения и переключения потоков рабочей среды, для уменьшения отрицательного воздействия на окружающую среду в случае аварии, проектной документацией предусмотрена установка отключающей линейной запорной арматуры.

Запорная арматура, применяемая в проектной документации, имеет сертификаты соответствия требованиям нормативной документации Российской Федерации. Сертификаты соответствия поступают на место строительства вместе с арматурой с завода-изготовителя этой арматуры.

Используемая запорная арматура принята, согласно ГОСТ Р 54808-2011, герметичности класса «А» по на технологические параметры трубопроводов (PN 63, DN 250, PN 63, DN 200 и PN 63, DN 100), в соответствии с выполненными гидравлическими расчетами с учетом совместной работы всей системы трубопроводов и в соответствии с перекачиваемой средой. Запорная арматура соответствует климатическим условиям района строительства. Климатическое исполнение запорной арматуры – ХЛ1 по ГОСТ 15150-69.

Размещение и выбор запорной арматуры выполнено в соответствии с требованиями нормативных документов - СНиП 2.04.02-84.

Арматура на трубопроводах принята в надземном исполнении.

Расположение запорной арматуры обеспечивает безопасность и удобство при ее обслуживании и ремонте.

Присоединение арматуры к трубопроводу – фланцевое.

В качестве запорной арматуры предусматриваются задвижки клиновые стальные фланцевые DN 250 PN 63, DN 200 PN 63 и DN 100 PN 63 с классом герметичности затвора «А» по ГОСТ Р 54808-2011.

В соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» вся арматура заземляется.

Теплоизоляционные конструкции запорной арматуры и фланцевых соединений должны быть съемными в соответствии с требованием п. 5.20, СП 61.13330.2012.

На трубопроводах предусмотрены штуцера с запорной арматурой: в низших точках – для опорожнения трубопроводов в период испытаний, ремонтов и аварий, в высших точках – для выпуска воздуха. В рабочем состоянии вентили на спускниках и воздушниках закрываются и заглушаются.

Диаметр выпусков и устройств для впуска воздуха обеспечивает опорожнение участков водоводов не более чем за 2 часа в дренажные колодцы.

Дренажные колодцы выполняются из труб стальных электросварных по ГОСТ 10704-91, материал труб сталь марки 09Г2С по ГОСТ 1050-88, поставка по группе В ГОСТ 10705-80 диаметром 1420x10 мм, глубиной 3,0 м. Гидроизоляция колодцев выполняется масляно-битумным покрытием БТ-577 по ГОСТ 5631-79, в два слоя, снаружи и внутри, по грунтовке ГФ-021 по ГОСТ 25129-82. Гидроизоляция колодцев в месте соприкосновения с грунтом выполнена на основе ленточного полимерно-битумного покрытия весьма усиленного типа по ГОСТ 9.602-2005 общей толщиной не менее 4,6 мм. Горловины дренажных колодцев, устанавливаемых вне проезжей части, поднимаются над землей на 70 мм (п. 4.21 СНиП 2.04.03-85). Горловина дренажных колодцев принята диаметром 700 мм (п. 4.20 СНиП 2.04.03-85).

Все сварочно-монтажные работы и контроль качества сварных соединений производить согласно требований СНиП 3.05.05-84, раздел 4, технических условий на трубы.

Контроль качества сварных соединений стальных трубопроводов включает:

- систематический операционный контроль;
- механических испытаний образцов, вырезанных из пробных стыков
- внешний осмотр и измерения;
- ультразвуковой или радиографический методы;
- гидравлические или пневматические испытания.

Операционный контроль предусматривает:

- проверку состояния сварочных материалов;
- проверку качества подготовки концов труб и деталей трубопроводов под сварку и качества сборки стыков;

- проверку точности сборных операций;
- проверку качества и технологии сварки;
- выполнения заданного режима сварки

Внешнему осмотру и измерениям подлежат все сварные соединения после их очистки от шлака, окалины, брызг металла и загрязнений на ширине не менее 20 мм по обе стороны от шва.

По результатам внешнего осмотра и измерений сварные швы должны удовлетворять следующим требованиям:

- валик сварного соединения, полученный в результате контактной сварки встык, должен быть симметричным и равномерно распределенным по ширине и периметру;

- валик сварного соединения не должен иметь резкой разграничительной линии, его поверхность должна быть гладкой, без трещин, газовых пузырей и инородных включений; при сварке в раструб валик должен быть равномерно распределен по торцу раструба;

- при газовой прутковой сварке поливинилхлоридных труб не должно быть пустот между прутками, пережога материала изделий и сварочных прутков, неравномерного усиления сварного соединения по ширине и высоте,

а его поверхность должна быть выпуклой и иметь плавное примыкание к основному материалу;

- при склеивании труб зазор между ними должен быть заполнен клеевой пленкой, равномерно выступающей по периметру соединения.

Сварные соединения технологических трубопроводов подлежат контролю неразрушающими физическими методами (ультразвуковым или радиографическим).

Контроль качества сварных соединений осуществляется физическими методами и производится лабораториями строительного-монтажных организаций, выполняющих сварочные работы.

Радиографический контроль качества сварных соединений трубопроводов должен осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 7512-82, ультразвуковой контроль - в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86.

Испытание технологического трубопровода

После окончания монтажных и сварочных работ, контроля качества сварных соединений неразрушающими методами выполняется очистка внутренней полости трубопроводов, проводятся испытания на прочность, плотность, герметичность в соответствии с Руководством по безопасности «Рекомендации по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов», раздел 8. Гидравлическое испытание газопроводов производить в соответствии с Приказом №116 раздел Гидравлическое (пневматическое) испытание.

В соответствии с требованиями РД 39-132-94 п. 6.2.3, 6.2.4 очистка полости трубопроводов, а также их испытание на прочность и проверку на герметичность осуществляется по специальной инструкции, составляемой заказчиком и строительного-монтажной организацией.

Величина испытательного давления трубопроводов на прочность составляет:

$$P_{\text{исп}} = 1,25P \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]_t}, \text{ но не менее } 0,2 \text{ МПа}, \quad (2)$$

где: P - расчетное давление трубопровода, МПа;

$[\sigma]_{20}$ - допускаемое напряжение для материала трубопровода при 20 0С;

$[\sigma]_t$ - допускаемое напряжение для материала трубопровода при максимальной положительной расчетной температуре.

Испытательное давление в трубопроводе выдерживают в течение 10 минут (испытание на прочность), после чего его снижают до рабочего давления, при котором производят тщательный осмотр сварных швов (испытание на плотность). Продолжительность испытания на плотность определяется временем осмотра трубопровода и проверки герметичности разъемных соединений.

По окончании осмотра давление вновь повышают до испытательного и выдерживают еще 5 минут, после чего снова снижают до рабочего и вторично тщательно осматривают трубопровод. По окончании гидравлического испытания трубопроводы следует полностью опорожнить и продуть до полного удаления воды. Продувка осуществляется воздухом под давлением, равным рабочему, но не более 4 МПа. Продолжительность продувки должна составлять не менее 10 минут.

Результаты гидравлического испытания на прочность и плотность признаются удовлетворительными, если во время испытания не произошло разрывов, видимых деформаций, падения давления по манометру, а в основном металле, сварных швах, корпусах арматуры, разъемных соединениях и во всех врезках не обнаружено течи и запотевания.

При проведении испытаний трубопроводов гидравлическим способом в условиях отрицательных температур наружного воздуха и грунта на уровне заложения трубопровода - трубопроводы подвергнуть пневматическому испытанию воздухом или инертным газом, либо для предотвращения замерзания жидкости при гидроиспытании произвести подогрев жидкости или

ввести в нее понижающие температуру застывания добавки, неагрессивные к металлу трубы.

Все трубопроводы групп Б (а), Б (б), помимо обычных испытаний на прочность и плотность, должны подвергаться дополнительному пневматическому испытанию на герметичность с определением падения давления во время испытания.

Дополнительное испытание на герметичность проводится воздухом или инертным газом после проведения испытаний на прочность и плотность, промывки и продувки. Дополнительное испытание на герметичность производится давлением равным рабочему. Продолжительность дополнительных испытаний должна составлять не менее 24 часов для каждого трубопровода, подлежащего испытанию согласно п. 399. Пневматическое испытание следует проводить по документации, согласованной и утвержденной в установленном порядке.

Согласно пояснительной записки к проекту организации строительства трубопроводы подземной прокладки являются самокомпенсирующимися. Самокомпенсация трубопровода достигается наличием углов поворота в горизонтальной и вертикальной плоскости по трассе трубопроводов.

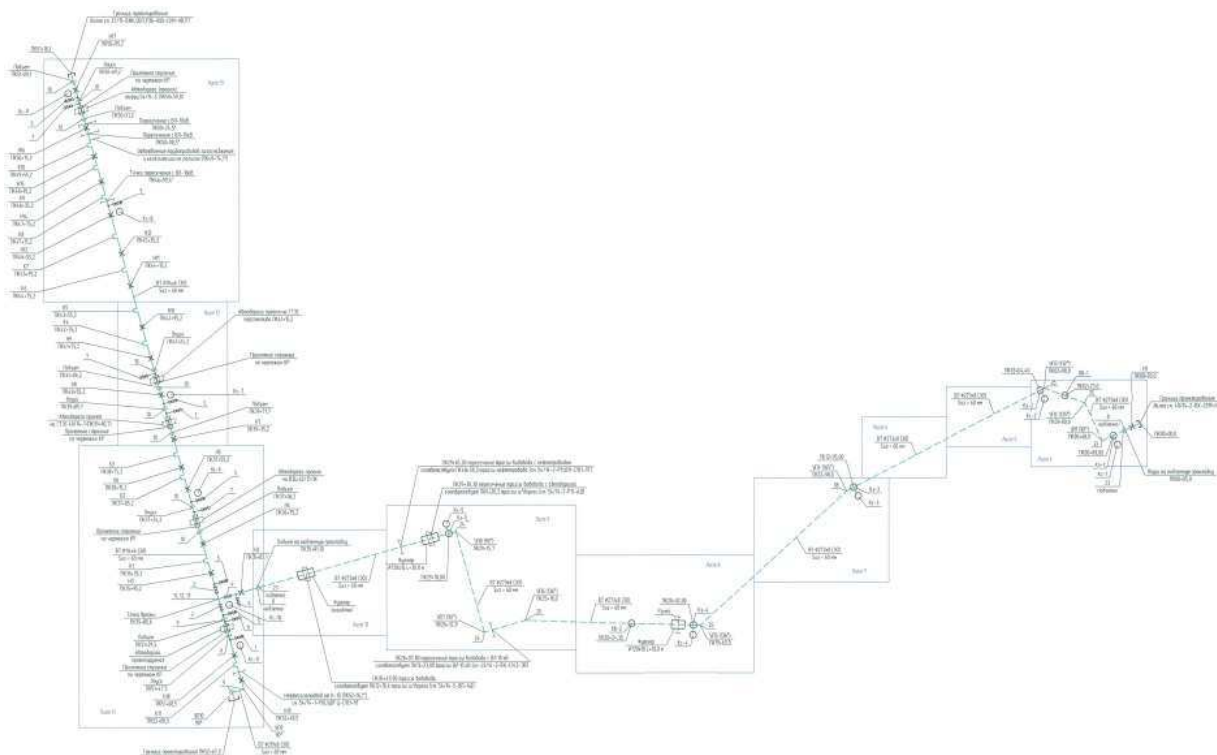
Надземный трубопровод проектируется с компенсацией продольных деформаций с устройством П-образных компенсаторов.

Трубопроводы подземного участка выполнены из стальной трубы $\text{Ø}273 \times 8$ в заводской изоляции из пенополиуретана толщиной 60 мм (ППУ) с трубками спутниками $\text{Ø}38 \times 3$ для прокладки кабелей электрообогрева с покровным слоем из ПЭ-оболочки.

Трубопроводы предусмотрены с уклоном не менее 0,002, обеспечивающим их опорожнение. В высших точках трубопроводов установлены воздушники, в низших – спускники. В рабочем состоянии вентили на спускниках и воздушниках должны быть закрыты и заглушены. На участках подземной прокладки установка запорной арматуры, спускников и воздушников предусмотрена в колодцах.

Для понимания расположения объекта рассмотрим принципиальную схему водовода низкого давления

Схема 1. Принципиальная схема участков трубопровода



На данной схеме отображены места перехода через надземные коммуникации, а также места преодоления водных преград. В целом на протяжении подземной части объекта предусмотрено устройство трех переходов.

Проектируемый трубопровод речной воды В7 от площадки ВХ1 до точки врезки по трассе пересекает ручей без названия на ПК 20+14, согласно полученного проекта организации строительства: «Долина ручья корытообразной формы, покрыта редким лесом, преимущественно хвойным, склоны долины реки крутые. Выраженной поймы у ручья нет, вдоль тальвега растет кустарник. Русло ручья не выражено, дно земляное, сильно засорено ветками. Местами дно закреплено травой и мхом.

Зимой ручей полностью перемерзает, сток отсутствует. Ручей является постоянным водотоком, однако в районе пересечения ручьем трассы водовода, и выше по течению, площадь водосбора ручья уменьшается и вследствие этого поступление воды в русло крайне ограничено», однако при производстве

работ обнаружено, что данный ручей имеет намного большее влияние на площадку строительства и не замерзает в зимний период.

Для возможности минимизации затрат по преодолению водной преграды на данном участке, а также для возможного уменьшения стоимости последующего эксплуатационного обслуживания объекта, рассмотрим возможность внедрения новых, отсутствующих в проектной документации, методов производства работ.

2.3 Применение новых методов производства работ на объекте «Водовод низкого давления»

Согласно тенденциям последних лет по обширному распространению и внедрению бестраншейных технологий для строительства и ремонта трубопроводных систем, данный опыт начинает активно использоваться в районах Крайнего Севера. Основное преимущество бестраншейных технологий это возможность осуществления прокладки трубопроводов с полным отсутствием проведения земляных работ или с минимальным их объёмом.

Самые распространенные методы бестраншейного производства работ при строительстве переходов через обводненные участки ручьи или болота: - горизонтально-направленное бурение (наклонно-направленное бурение) - Микротоннелирование.

Одним из универсальных способов прокладки труб, отличающимся экологичностью и возможностью сохранения почвенно-растительного слоя, а также обойти расположенные надземные или подземные коммуникации является метод продавливания.

Данный метод заключается в продавливании домкратом специального кожуха. Сам кожух на конце имеет кольцевой нож с наружными и внутренними скосами.

Наклонно-направленное бурение представляет собой способ прокладки трубопроводов без разработки грунта и рытья траншей. Результат достигается

путем бурения криволинейной скважины под переделываемой преградой, из одного котлована в другой, также применение данной технологии возможно без разработки стартовых и финишных котлованов. Передвижение бурового инструмента (Штанг) по строящейся трассе трубопровода осуществляется при помощи буровой установки для ННБ. Прокладка сооружаемого трубопровода осуществляется путем обратного движения буровой штанги с установленным расширителем соответствующим диаметру прокладываемого трубопровода.



Схема 2. Производство работ при наклонно-направленном бурении.

Для бестраншейной прокладки трубопровода методом ННБ (ГНБ) рекомендуется использовать стальные, чугунные и полиэтиленовые трубы [9].

Прокладка трубопровода методом наклонно-направленного бурения допускает возможность применения вне пределов плоскости скольжения оползающих грунтов и зон затопления, а также при ширине перехода более 100 м.

Возможность применения данного метод может быть ограничена геологическими условиями района прокладки.

Попробуем рассмотреть возможность применения данной технологии в условиях строительства «Водовода низкого давления» для перехода через обводненный участок ПК 20+14.

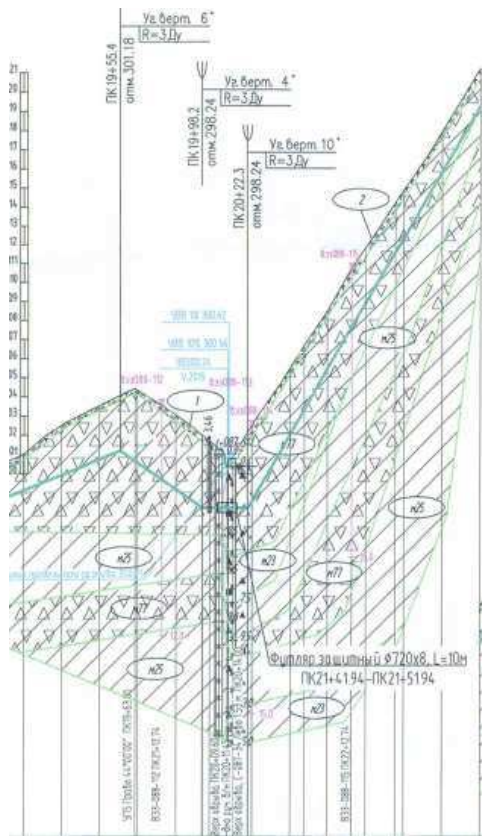


Схема 3 Продольный профиль трубопровода на ПК 20+14

Согласно продольному профилю на данном участке, имеется большой уклон и перепад высот, в связи с тем, что технология наклонно-направленного бурения требует расположения буровой установки (для примера возьмем Vermeer Navigator D20x22FX series2) так, чтобы угол входа не превышал 28 градусов, необходимо выполнить подготовительные работы по разработке котлована. Также отметим, что небольшой угол забуривания позволяет скорее выйти на горизонтальное бурение, таким образом остается возможность сохранить отметки низа, образующей трубопровода максимально приближенными к проектным. Однако в связи с высокой обводненностью местности, выполнение работ возможно при промерзании сезонно-талых слоев грунта. Использование данной технологии может повлечь дополнительных затрат времени на согласование с проектным институтом.

В дальнейшем рассмотрена возможность применения метода микротоннелирования, сущность которой определена разработкой стартового и приемного котлована



Фотография8. Стартовый котлован по технологии микротоннелирования.

Расстояние между котлованами должно составлять не менее 50 и не более 500 м. В стартовом котловане производится монтаж домкратной станции. При общей длине проходимого участка, превышающей 200 м, необходимо предусмотреть устройство дополнительных домкратов. Домкраты передают толкающее усилие к проходческому щиту с установленным на нем режущим инструментом (рис. 2) через трубу, которую наращиваемую по мере продвижения.

Основное преимущество данного метода в возможности его использования в многолетнемерзлых грунтах с применением бурового раствора, который обеспечивающего устойчивость стенок скважины за счёт их смазки, приводящей к снижению сопротивления при движении щита в горизонтальной скважине [10].

К сожалению использование метода микротоннелирования в условиях рассматриваемого объекта, практически не применимо по причине возрастающих дополнительных затрат, а также большого перепада высот не позволяющего решить основную задачу – минимизировать затраты при переходе через обводненные участки.

Таким образом для улучшения показателей выполнения строительно-монтажных работ рассмотрим возможность применения метода надземной прокладки трубопровода на участках, где проектными решениями предусмотрена подземная прокладка.

Для монтажа опор под трубопровод предлагается рассмотреть конструктив опоры ОПЗ

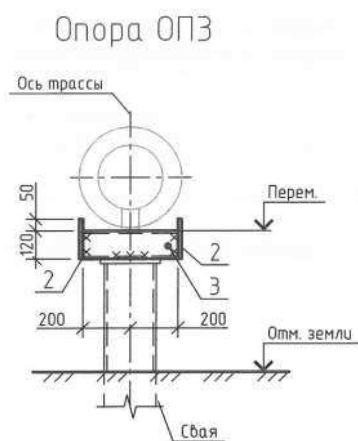


Схема 3 Опора ОПЗ.

Данные опоры применены на участке водовода от Насосной станции второго подъема до точки врезки №1. Погружение свай необходимо выполнить по бурозабивному способу, в ранее пробуренные лидерные скважины диаметром равным диаметру свай погрузить сваи выполненные из труб диаметром 325x8мм из стали 09Г2С, для уменьшения сил морозного пучения внутреннюю полость свай заполнить сухим ЦПС в отношении 1:5, так же предусмотреть бурение уширения в верхней части скважины, глубиной 1 м, с последующим заполнением мелким непучинистым грунтом. Расстояние между сваями примем равным 10 метров, материал изготовления опоры профильная труба 120x120x5 по ГОСТ 30245-2003. В местах большого распространения сезонно-талых грунтов предусмотрим расположение термостабилизаторов, что позволит сохранить состояние грунтов.

Данный способ прокладки трубопровода даст возможность ускорения темпов производства СМР, и как дополнение позволит уменьшить количеству привлекаемой к работе экскаваторной техники.

Так как ранее нами рассмотрены различные способы прокладки трубопроводов, то для отражения полноты экономической целесообразности использования того или иного метода, рассмотрим способы устранения возникших при эксплуатации аварий и возможной реконструкции трубопроводов. Поскольку с трубопроводами проложенными надземно, вопрос о дополнительных затратах при ремонтах не возникает, перейдем к участкам с подземной прокладкой.

В настоящее время для бестраншейных ремонтов используется множество способов, основные из которых:

- нанесение цементно-песчаных и полимерных внутренних защитных покрытий,
- протаскивание полимерных рукавов и полимерных труб различного поперечного профиля.

Одним из наименее дорогим и трудозатратным способом является нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП). Данная технология не зависит от глубины залегания трубопровода и типа грунтов. Однако данный метод невозможно использовать при смещении труб в стыках, деформации труб, при раскрытии стыков и сильном абразивном износе. Отличительной особенностью метода нанесения ЦПП является то, что он не обеспечивает увеличения несущей способности трубы.



Фото 9. Рукав из нержавеющей стали

Еще одним широко используемым способом бестраншейного ремонта трубопроводов является использование сплошных металлических покрытий (рис.3). Данный метод применим на трубопроводах диаметрами 100 - 600 мм.

Данная технология не требует разработки траншеи, может быть выполнена через люки смотровых колодцев благодаря небольшим габаритам по ширине рукава. За одну проходку возможно реконструировать участки длиной до 200 м. Отличие данной технологии состоит в том, что протяжку рукава можно осуществлять при любых температурах (даже отрицательных) и при практически полном износе трубопровода.

Рассматривая данный метод в условиях «Водовода низкого давления», необходимо выделить самый главный недостаток, это не возможность его использования на углах поворота трубопровода, так как протягиваемый рукав имеет недостаточную гибкость и эластичность. Радиус изгиба подобных труб не должен превышать величины 30° [11].

Следующий способ, который нашел применения на практике - протаскивание в трубопровод гибких полимерных рукавов («чулков»). Его

используют для трубопроводов диаметром от 600 до 3000 мм. Пропитанный органической смолой рукав аккуратно вводят в трубу под давлением.



Фото 10. Подача полимерного чулка в трубопровод

Подобный «чулок» может проходить изгибы до 90°. «Чулок» абсолютно герметичен и способен восстановить несущую способность трубопровода (фото 4).

Монтаж полимерных чулков возможен двумя способами

- 1- Для монтажа по первому способу необходимо выполнить протаскивание бесшовного гибкого полимерного рукава на полную длину реконструируемого участка между двумя колодцами. Распрямление «чулка» происходит под давлением тёплого воздуха, воды или пара.
- 2- Второй способ отличается плавным введением скрученной в рулон оболочки в виде «чулка» в ремонтируемый участок с последующим его выворотом. Прижатие к стенке и полимеризация органической смолы осуществляется давлением жидкости или пара.

Наиболее распространённым методом санации в условиях вечной мерзлоты среди методов бестраншейной реконструкции трубопроводов

является метод протаскивания в старый трубопровод нового. Данный метод имеет две разновидности: без разрушения и с разрушением ремонтируемого трубопровода. В условиях вечной мерзлоты, использовать метод с разрушением старого трубопровода не имеет смысла, так как процессы периодического оттаивания и замораживания грунта провоцирует пучение, что скорее всего приведет к повреждению новой трубы.

В основе реализации данного метода лежит протаскивание полиэтиленовой трубы, например, напорной трубы из полиэтилена низкого давления (ПНД), в реконструируемый трубопровод. Использование данного метода возможно для трубопроводов имеющих значительные дефекты стенок труб.

Протягивание производится из траншеи, вырытой в начале ремонтируемого участка трубопровода, или из колодца. Перед вводом новые участки труб свариваются друг с другом. Метод подходит для реконструкции прямолинейных участков длиной в несколько сотен метров и труб большого диаметра.

Глава 3. Эффективность развития методов строительства трубопроводов в условиях вечной мерзлоты

3.1 Перспективные варианты устройства трубопроводов подземной прокладки в условиях вечной мерзлоты

Строительство трубопроводов сопровождается внедрением техногенных элементов в естественную природную среду, что не может в последствии не повлиять на термодинамические, происходящие в вечномёрзлых грунтах. Сами по себе естественные процессы ведут к нулевому годовому теплообороту из-за чего грунты (таблица 2) как раз-таки и сохраняют своё неизменное состояние. Но строительство трубопроводов запросто может его нарушить.

Последствия нарушения естественного теплооборота такие как оттаивание и промерзание вечномёрзлого грунта: зачастую приводят в конечном итоге к таким криологическим процессам как осадка, термокарст, солифлюкация и пучение. Эти процессы усложняют задачу обеспечения проектного положения трубы и плохо влияют на техническое состояние трассы трубопроводной сети.

Таблица 2 – Классификация участков строительства трубопроводов

Тип участка	Характеристика участка	Величина относительно сжатия ММГ при оттаивании	Тип местности
Нормальный	Хорошо дренированные участки террас и гряды, сложенные малольдистыми	0-0,01	IV

	супесями и песками, мерзлота не сливающаяся		
Нормальный	Болотва, мерзлота не сливающаяся. Кровля вечномерзлого грунта глубже 8- 10 мм	0-0,01	III
Сложный	Тундра и лесотундра, местность плохо дренированная, сложена льdistыми суглинками и супесями, мерзлота сливающаяся	0,01-0,1	II
Особо сложный	Бугристые и плоские торфяники и солифлюкционные склоны, грунты, сильнолиdistые,	Более 0,1	I

	мерзлота сливающаяся		
--	-------------------------	--	--

Подземные трубопроводы с одной стороны обеспечивают наилучшую защиту труб от различных воздействий извне, не затрудняют миграцию диких животных, а также не препятствуют стоку поверхностных вод, с другой стороны при подземной прокладке горячего трубопровода вокруг труб образуются пятна протаивания, а сам грунт проседает в основании и тем самым деформирует трубопровод, а мероприятия по обеспечению его устойчивости довольно дорогостоящие. Кроме того, наличие подземного льда при осадке дневной поверхности приводит к термокасту. С холодными трубопроводами тоже не все так гладко, потому как происходит обратный процесс промерзания, который также несет в себе опасность для обеспечения надежности трубопровода.

В таблице 3 рассмотрим рекомендуемые виды прокладки трубопроводов на различных типах участков.

Таблица 3 – Рекомендуемые способы прокладки трубопроводов

Тип участка	Тип местности			
	I	II	III	IV
Горячий	Надземный	Надземный	Подземный	Подземный
Теплый	Надземный	Подземный	Подземный	Подземный
Холодный	Подземный	Подземный	Надземный	Надземный

Подземная прокладка на многолетнемёрзлых грунтах не сливающегося типа не рекомендуется, так как при наличии талого грунта ниже трубы, есть риск его разрушения силами пучения. Трубопровод обычно стараются прокладывать в обход мест, где проявляются негативные мерзлотные процессы, но не стоит забывать о допустимых расстояниях до некоторых инженерных сооружений.

Подземные трубопроводы проектируют либо без учёта продольных деформаций, либо с устройством подземных участков компенсации. Засыпку траншей, если грунт пучинистый, осуществляют сухим минеральным грунтом.

Теплые участки трубопровода на вечномёрзлых грунтах прокладывают только с применением изоляции заводской или, если требуется еще и дополнительной, а также с установкой вертикальных термосифонов с двух сторон от трубопровода по трассе с шагом в 10...12 метров.

Подъём уровня грунтовых вод и таяние льдов в породе на участках многолетнемёрзлых грунтов не сливающегося типа может также угрожать потерей устойчивости трубопровода и даже его всплытием, так как образующаяся масса очень плотная, в особенности что касается газопроводов.

Поэтому для предотвращения всплытия трубопроводы закрепляют анкерами или балластируют. Анкерами могут также служить термосифоны.

Если всё же возникает необходимость проложить горячий участок трубы под землю на сливающихся вечномёрзлых грунтах, используют подземные опоры в виде свай металлических или железобетонных. Их закладывают ниже расчётной глубины протаивания. Для уменьшения пятна протаивания используют комплексно термосифоны, которые также могут выступать в роли опор, и теплоизоляцию.

Надземные же трубопроводы можно прокладывать практически везде. Трубы при таком способе укладываются на опоры, стоящие на расстоянии 20-60 метров друг от друга, этот промежуток зависит от диаметра трубопровода. В качестве опор выступают ригели, ж/б плиты, рамы, рамные конструкции. Высота опор варьируется в зависимости от расположения трассы нефтепровода, в ненаселённой местности высота опор 0,25...1,5 метров, в населенных пунктах и переходах через транспортные магистрали используют высокие опоры до 5,5 метров и более.

Кроме уже рассмотренных неподвижных, продольно-подвижных и свободноподвижных опор можно отметить качающиеся. Они, как и остальные

кроме не подвижных предназначены для предотвращения температурных деформаций.

Вопрос компенсации температурных деформаций является определяющим при надземной схеме прокладке трубопровода. Для этого используются разные виды прокладки так не как прямолинейная с компенсационными формами П-, Г- и Z- образа, прокладка зигзагами прямолинейная, но с использованием неравномерного шага между опорами.

У надземной прокладки в условиях вечной мерзлоты множество преимуществ, таких как доступность его для осмотра снижение риска аварий при их возникновении требуется меньше времени на ликвидацию. Трубопровод не оказывает прямого температурного воздействия на грунт, только косвенное, но оно существенно меньше, чем у подземного трубопровода, а при применении высоких опор отсутствует вовсе [23]. Главными её недостатками: является высокая стоимость, а также уязвимость к внешним ударным воздействиям.

Поскольку удаленность трасс и обеспечение надёжной и бесперебойной работы трубопровода в столь суровых климатических условиях зачастую определяет способ, которым прокладывается трубопровод, недостатки надземной прокладки становятся незначительными в сравнении с подземной схемой, именно поэтому она более предпочтительная для районов распространения многолетнемерзлых грунтов.

Анализ эксплуатации трубопроводов сооружаемых на ВМГ показал, что возможная вероятность отказов на 1 км трассы для подземного трубопровода равняется примерно 3, а при условиях надземной прокладки эта вероятность оставляет 0,42, при это распределение отказов напрямую зависит от типа грунта. Но не стоит считать надземную прокладку универсальным способом, потому что в некоторых случаях она невыгодна, да и не так эффективна. Проблему выбора способа прокладки трубопровода могут решить только тщательное изучение грунтов и их температурных циклов, взаимодействие

грунта и технико-экономический расчёт с прогнозами рисков аварий и деформаций трубопровода.

3.2 Экономическая эффективность внедрения новых методов производства работ

Для полного понимания эффективности применения описанных ранее методов прокладки трубопровода, проведем расчет стоимости участка «Водовода низкого давления» в различных вариантах прокладки.

За базовые данные возьмем сметную стоимость строительства участка «Водовода» на ПК 20+14 длиной 300 метров, для получения итогового результата сопоставим сметную стоимость строительства методами подземной прокладки, надземной прокладки, а также в случае строительства данного участка методом наклонно-направленного бурения.

Денежные средства, определяемые сметными расчетами в соотношении с проектными данными и сметно-нормативной базой, называются Сметной стоимостью при строительстве.

Сметная стоимость СМР определяется путем расчета прямых затрат и накладных расходов.

Для расчета прямых затрат на СМР, определим объем работ и количество используемых материалов при разных способах прокладки трубопровода на рассматриваемом участке.

Рассчитаем сметную стоимость участка строительства трубопровода при помощи ресурсно-индексного метода. Суть данного метода в калькуляции стоимости по базисным ценам с применением индексов пересчета цен. За базисный уровень цен принимаются цены 01.01.2001 года.

Значения индексов цен принимаются в соответствии с Приказом министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Красноярского края от 27.04.2020 № 82-1852/4 «Об индексах изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ».

Единичные расценки на МТР и оборудование отображены в табл. №3

Таблица 3 – Единичные расценки на материалы и оборудование в базовом уровне цен.

Наименование МТР	Единица измерения	Стоимость единицы, руб.
Песок	1 м ³	1551,5
Плиты пенополистирольные (ППУ скорлупа)	1 м ³	13890
Труба стальная	1 м	16298,8
Труба стальная d273x8 в заводской ППУ теплоизоляции	1 м	17999,3
Опора надземного трубопровода ОНК 1	1 шт.	63216,8
Свая металлическая	1 м	4613,9
Термостабилизатор	1 шт.	55678,9

Единичные расценки на СМР для района строительства на первый квартал 2021 года представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Единичные расценки на строительные-монтажные работы

Расценка	Ед. изм	Оплата труда рабочих, руб.	Эксплуатация машин, руб.	Оплата труда машинистов, рук.	Общая стоимость, руб.
Разработка траншеи экскаватором на глубину 1,6 м	1 км	45 943,5	550 532,6	99 088,8	695 564,9
Разработка траншеи экскаватором на каждые следующие 0,2 м	1 км	11 371,8	99 203,8	17 843,8	128 419,4
Разработка грунта экскаватором	1000 м ³	1 142,8	46 700,9	8243,1	56 086,9
Обратная засыпка траншеи бульдозером	1000 м ³	-	25 339,2	6635,4	32 174,6
Теплоизоляции трубопровода	1 м ³	1 773,3	738,6	-	2 511,9
Сварка стыков	1 шт.	2 229,6	2 450,3	230,4	4 910,3

УЗК контроль сварных стыков	1 шт.	1284	196,3	50,8	1 531,2
Монтаж подземного трубопровода	100 м	46716,1	114 297,9	7 563,1	168 577,2
Погружение свай	1 м	745,2	2 899,1	460,4	4 104,5
Монтаж опор	1 шт.	8457,7	16 536,6	214,6	25 208,9
Монтаж надземного трубопровода	100 м	42796,8	171 841,3	12 338,7	226 976,7

Рассчитаем сметную стоимость участка подземного нефтепровода, проложенного в районах вечной мерзлоты длиной 300 м.

Таблица 5 – Сметная стоимость строительства участка трубопровода подземной прокладки

Наименование	Количество	Стоимость
Труба стальная в заводской ППУ теплоизоляции	300 м	5 399 790
Песок (устройство подсыпки под трубопровод)	159 м ³	246 688,5
Плиты пенополистирольные	90 м ³	1 250 100

(устройство теплоизоляции)						
Итого			6896578,5			
Строительно-монтажные работы						
Наименование	Количество	Стоимость работ				
		Оплата труда рабочим	Эксплуатация машин	Оплата труда машинистам	Общая	
Разработка траншеи экскаватором на глубину 1,6 м	0,30 км	13 783,1	165 159,8	29 726,6	208669,5	
Разработка траншеи экскаватором на следующие 1,5 м	0,30 км	25 586,6	223 208,6	40148,6	288943,8	
Разработка грунта экскаватором	159 м ³	181,7	7425,3	1310,6	8917,6	
Обратная засыпка траншеи бульдозером	1160 м ³	-	29625,5	1697,1	37322,6	
Сварка стыков трубопровода	31 шт.	69117,6	75959,3	7142,4	152219,3	
УЗК контроль сварных стыков	31 шт.	39804	6085,3	1574,8	47464	
Монтаж подземного трубопровода	300 м	140148,3	342893,7	22689,3	505731,3	
Теплоизоляция трубопровода	90 м ³	159597	66474	-	226071	
		448218,3	916831,5	110289,3	1475339,1	
Социальные отчисления						

ФОТ	Размер, % от фонда оплаты труда		Сумма, руб.	
558507,6	30		167 552,3	
Накладные расходы				
Сметная стоимость, руб.	Размер, % от сметной стоимости		Сумма, руб.	
7813410	15		1 172 011,5	
Итого				
Материалы, руб.	Эксплуатация машин и оборудования, руб.	Заработная плата, руб.	Социальные отчисления, руб.	Накладные расходы, руб.
6 896 578,5	916831,5	558507,6	167 552,3	1 172 011,5
Сметная стоимость				9 711 481,4

Основная часть затрат приходится на материалы и накладные расходы и суммарно составляет более 80 % общей стоимости.

Перейдём к определению ежегодной стоимости обслуживания трубопровода. Для этого рассчитаем заработную плату рабочего персонала и затраты на операции по диагностике трубопровода. Для поддержания стабильной и бесперебойной работы участка длиной 300 метров достаточно 8 человек в штате с учетом сменности вахт 1 раз в месяц, их должности приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет годового фонда оплаты труда обслуживающего персонала

Должность	Кол-во	Оклад, руб.	Районный коэфф.30% от оклада	Северная надбавка 50% от оклада, руб.	Годовой фонд з/п, млн.руб.
ИТР (Мастер, производитель работ)	2	90000	27000	45000	1,944
Трубопроводчик линейный	2	50000	15000	25000	1,08
Электросварщик	2	45000	13500	22500	0,972
Монтажник технологических трубопроводов	2	35000	10500	17500	0,756
Итого	8	-	-	-	4,752

Для условий рассматриваемого трубопровода необходимо проведения двух диагностик в год. Для диагностики используется датчик определитель дефектов коммуникаций «ДОДК-117».

Датчик ДОДК-117 используется совместно с трассопоисковыми приемниками серии АП-019 и АП-027. Используем датчик ДОДК- 117 стоимостью 11 496 руб. и приемник серии АП-019 стоимостью 70 000 руб.

Расстояние от прокладываемого трубопровода до цеха эксплуатации трубопроводов 50 км, рассчитаем транспортные расходы на доставку рабочих туда и обратно.

Доставка рабочих производится автомобилем УРАЛ NEXT 4320 средний расход топлива, которого при скорости в 40 км/ч: 14 л/100 км. Тогда

затраты на доставку при цене дизельного топлива — 86 руб./л. равны 4816 руб.
в год.

Согласно произведенным расчетам, делаем вывод что стоимость эксплуатационных расходов составляет 6 263 970 руб.

Таблица 7 – Годовые эксплуатационные затраты на обслуживание трубопровода

Эксплуатационные затраты	Сумма, тыс. руб.
Фонд оплаты труда	4752
Отчисления от ФОТ	1425,6
Приборы для диагностики	81,5
Прочие	4,87
Итого эксплуатационные расходы	6263,97

Проведем расчет сметной стоимости участка трубопровода при выборе надземного способа прокладки, длина участка остается прежняя 300 метров. Согласно ранее предложенному техническому решению по прокладке трубопровода, используем сваи длиной 10 м в количестве 30 штук, устанавливаются через каждые 10 м., также предусматриваем монтаж термостабилизаторов в районе каждой опоры.

Таблица 8 - Стоимость строительства участка надземного трубопровода длиной 300м.

Материалы		
Наименование	Количество	Стоимость, руб.

Труба стальная в заводской ППУ теплоизоляции	300 м	5 399 790			
Песок (заполнение внутренне полости свай)	306 м ³	474 759			
Опора надземного трубопровода ОНК	15 шт.	948 252			
Свая металлическая	30 шт.	138 417			
Термостабилизатор	30 шт.	1 670 367			
Итого		8 631 585			
Строительно-монтажные работы					
Наименование	Количество	Стоимость работ			
		Оплата труда рабочим	Эксплуатация машин	Оплата труда машинистам	Общая
Разработка грунта экскаватором	306 м ³	349,8	14430,3	2541,1	17321
Погружение свай	300 м	223560	869730	138120	1231350
Сварка стыков трубопровода	31 шт	69117,6	75959,3	7142,4	152219,3
УЗК контроль стыков трубопровода	31 шт.	39804	6085,3	1574,8	47464

Монтаж опор	15 шт.	126865,5	248049	3219	378133,5
Монтаж надземного трубопровода	300 м	128390,4	515523,9	37016,1	680930,1
		588087,3	1729777,8	189 613,4	2507417,9
Социальные отчисления					
Фонд оплаты труда		Размер, % от фонда оплаты труда		Сумма, руб.	
777 700,7		30		233 310,2	
Накладные расходы					
Сметная стоимость, руб.		Размер, % от сметной стоимости		Сумма, руб.	
11 139 002,9		15		1 670 850,4	
Итог					
Материалы, руб.	Эксплуатация машин и оборудования, руб.	Заработная плата, руб.	Социальные отчисления, руб.	Накладные расходы, руб.	
8 631 585	1 729 777,8	777700,7	233 102,2	1 670 850,4	
Сметная стоимость				13 043 016,1	

Из расчетов следует закономерное увлечение стоимости материалов, на величину стоимости термостабилизаторов, также возросли затраты на эксплуатацию машин и механизмов, практически сровнявшись в процентном соотношении с накладными расходами.

Стоимость годовых затрат на обслуживание будут идентичными как при надземной, так и при подземной прокладке трубопровода, за исключением амортизационных отчислений по термостабилизаторам.

Таблица 9 – Стоимость годовых отчислений на термостабилизаторы

№п/п	Наименование	Стоимость без НДС, тыс.руб.	Срок эксплуатации, лет	Годовая норма амортизации, %	Сумма амортизационных отчислений, тыс.руб.
1	Термостабилизатор	1391,97	20	5	69,6

Проведем расчет годовых эксплуатационных затрат на обслуживание надземного участка трубопровода.

Таблица 10 – Годовые эксплуатационные затраты на обслуживание трубопровода

Эксплуатационные затраты	Сумма. тыс.руб.
Фонд оплаты труда	4752
Отчисления от ФОТ	1425,6
Приборы для диагностики	81,5
Прочие	1,15
Амортизационные отчисления	69,6
Итого	6329,85

На основании полученных данных сравним сметную стоимость затрат на сооружение трубопровода, а также стоимость годовой эксплуатации при различных способах прокладки.

Таблица 11 – Сравнение затрат на сооружение и годовую эксплуатацию трубопровода при различных схемах прокладки

	Подземный трубопровод	Надземный трубопровод
Эксплуатационные расходы	6 260 250 р.	6 329 850 руб.
Сметная стоимость	9 711 481,4 руб.	13 043 016,1 руб.

Исходя из сметной стоимости участка длиной 300м, получаем ориентировочные затраты на участок «Водовода» от ПК 0+00 до ПК 34+72

- стоимость подземной прокладки составляет 112 394 211,4 руб.
- стоимость надземной прокладки 150 951 171,8 руб.

Теперь рассмотрев стоимостные показатели прокладки подземных и надземных способов прокладки трубопровода, вернемся к ранее предлагаемому методу наклонно-направленного бурения на обводненных участках, для примера возьмем тот же участок длиной 300м.

Сметная стоимость бурения наклонно-направленной скважины длиной 300 и прокладки трубопровода составляет 1 989 297 руб. Стоимость остальных затрат остается такой же, как и при выполнении подземной прокладки участка трубопровода, таким образом общая сметная стоимость составляет $9\,711\,481,4 + 1\,989\,297 = 11\,700\,778,4$ руб. Эксплуатационные расходы не изменяются. Таким образом использование данного метода на обводненном участке возможно, хоть и незначительно увеличивает сметную стоимость строительства.

Вернемся к двум ранее рассмотренным способам прокладки трубопровода. Исходя из полученных стоимостных характеристик можно трубопровода, однако перед этим необходимо провести анализ рисков при последующей эксплуатации.

- Как отмечено ранее вероятность отказов и аварий при подземной прокладке в 4 раза выше, чем при надземной. Трубопровод оборудован системой электрообогрева, отказ которой приводит к необходимости разработке траншеи для последующего ремонта, в течении года после

введения в эксплуатацию на подземном участке «Водовода низкого давления» 7 раз отказывала система электрообогрева, в связи с чем каждый приходилось выполнять работы по разработке траншеи и восстановлению системы.

- В связи с пресечением обводненных мест, происходит растепление ММГ с последующим смещением оси трубопровода, что ведет к увеличению риска аварий. За год эксплуатации произошло смещение оси трубопровода в районе смотрового колодца КЗ-4, что привело к смещению проектного положения колодца.

- Высокая стоимость ремонтно-восстановительных работ трубопровода, несмотря на освоение новых методов бестраншейной реконструкции трубопроводов (сметная стоимость ремонта одного участка трубопровода длиной 10 метров составляет около 275 000.руб при подземной прокладке и 191 000 при наземной)

При использовании надземного способа прокладки основными рисками являются:

- Возможность повреждения надземных участков строительной техникой при сооружении новых объектов в непосредственной близости.

- необходимость предусмотрения дополнительных решений для недопущения влияния грунтов на опоры трубопровода.

Подводя итог нашего исследования, стоит отметить, что строительство трубопроводов в условиях ММГ весьма сложно, а финальный результат во многом обусловлен качеством проведенных инженерно-геологических изысканий и подготовкой проектной документации, т.к. в условиях строительства не всегда существует возможность оперативно и при этом не потеряв в итоговой стоимости, внести изменения в рабочую документацию.

Заключение

В данной квалификационной работе был исследован комплекс мероприятий по технологии сооружения трубопровода в условиях вечной мерзлоты.

В ходе работы были выполнены следующие задачи

- рассмотрены особенности изменения климата и почвы в районах распространения вечной мерзлоты;
- выявлены проблемы, возникающие при сооружении трубопровода в условиях вечной мерзлоты;
- изучены имеющиеся на сегодняшний день решения по обеспечению безопасности работы трубопровода в условиях вечно мерзлых грунтов;
- рассмотрены применяемые способы прокладки трубопровода в условиях многолетнемёрзлых грунтов, выделены достоинства и недостатки каждого из них.

Как выяснилось для обеспечения надёжной и бесперебойной работы трубопровода в районах вечной мерзлоты требуются довольно сложные инженерно-геологические изыскания, а также тщательный технико-экономический расчет, потому как в каждом отдельном случае грунт обладает различными свойствами, многие из которых способны изменяться при нарушении температурного состояния мёрзлого грунта.

В сегодняшних реалиях имеется большое количество технических решений и устройств, которые позволяют минимизировать воздействие техногенной среды трубопровода на естественную среду грунта и ввиду планов по разработке в будущем богатых запасов северных районов существует уверенность в том, что эти технические решения и устройства будут постоянно совершенствоваться для того, чтобы исключить риски аварий, связанные с изменением теплового баланса грунта и как следствие различными деформациями трубопровода, а также свести к нулю влияние газо- и нефтепроводов на окружающую среду.

Список использованных источников

1. СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.06-85* [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200103173> (дата обращения: 24.09.2021)
2. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200091050> (дата обращения: 24.09.2021)
3. СП 86.13330.2014 Магистральные трубопроводы (пересмотр актуализированного СНиП III-42-80* "Магистральные трубопроводы" [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200111111> (дата обращения: 24.09.2021)
4. СП 25.13330.2012 Основания зданий и сооружений на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200095519> (дата обращения: 24.09.2021)
5. М.В. Малышев, Г.Г. Болдырев; Механика грунтов. Основания и фундаменты: учебное пособие. – изд АСВ – М. 2010.-320 с.;
6. А.К. Даркацакян, Н.П. Васильев, Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемерзлых грунтах.- М.: Недра, 2017 – 167с.
7. Транснефть.Энциклопедия технологий [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://discoverrussia.interfax.ru/wiki/53/> (дата обращения: 24.09.2021)
8. Анисимов В. В. Строительство магистральных трубопроводов в районах вечной мерзлоты / В. В. Анисимов, М. И. Криницын. – Л.: Гостоптехиздат, 2013. – 147 с.
9. ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-10704-91> (дата обращения: 24.09.2021)

10. Соколов С. М. Многолетнемерзлые грунты в качестве основания промышленных трубопроводов // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 10. – С. 126-127.
11. СП 107-34-96 Свод правил по сооружению линейной части газопроводов. Балластировка, обеспечение устойчивости положения газопроводов на проектных отметках. – М., ВНИИСТ, 2016. – 26 с.
12. ВСН 39-1.9-1.9.003-98 Конструкции и способы балластировки и закрепления подземных газопроводов. – М.: ВНИИСТ, 2008. – 46 с.
13. ВСН 007-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов. Конструкции и балластировка. М.: ВНИИСТ, 2010. – 30 с.
14. ВСН 013-88 Строительство магистральных и промысловых трубопроводов в условиях вечной мерзлоты. – М.: ВНИИСТ, 2009. – 18 с.
15. Цытович Н. А. Механика мерзлых грунтов: учебное пособие / Н. А. Цытович. – М.: Высшая школа, 2013. – 448 с.
16. Свободная энциклопедия Википедия, статья "Многолетняя мерзлота" [Электронный ресурс].– режим доступа к стр.: http://ru.wikipedia.org/wiki/Многолетняя_мерзлота (дата обращения: 24.09.2021).
17. CYBERLENINKA, статья «О выборе способа прокладки трубопроводов в районах вечной мерзлоты» [Электронный ресурс].– режим доступа к стр.: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-vybore-sposoba-prokladki-truboprovodov-v-rayonah-vechnoy-merzloty> (дата обращения: 24.09.2021).
18. Кутвицкая Н.Б., Дмитриева С.П., Рязанов А.В. и др. Некоторые особенности теплового влияния внутрипромысловых газопроводов подземной и наземной прокладки на многолетнемерзлые грунты в условиях заполярного ГНКМ [Электронный ресурс].– режим доступа к стр.: <http://www.fundamnt.ru/publications/pub028.html>. (дата обращения: 24.09.2021).
19. Гаррис Н.А. Ограничение ореола протаивания вокруг подземного трубопровода // НТС «Проблемы нефти и газа Тюмени». — Тюмень, 2013. — Вып. 60. — С. 45-47.

20. МР 2.2.7.2129-06 Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200047514> (дата обращения: 24.09.2021)
21. СанПиН 2.2.2776-10 Гигиенические требования к оценке условий труда при расследовании случаев профессиональных заболеваний [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/249923/ (дата обращения: 24.09.2021)
22. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/901703278> (дата обращения: 24.09.2021)
23. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/5200291> (дата обращения: 24.09.2021)
24. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/1200006408> (дата обращения: 24.09.2021)
25. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/5200313> (дата обращения: 24.09.2021)
26. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-008-76-ssbt> (дата обращения: 24.09.2021)
27. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

- [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://vsegost.com/Catalog/30/30653.shtml> (дата обращения: 24.09.2021)
28. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 24.09.2018)
29. Территориальные сметные нормативы [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://minstroy.krskstate.ru/tsn> (дата обращения: 24.04.2018);
30. Слободян М. С. Основы строительного дела / М. С. Слободян. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 155 с.
31. Приказ министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Красноярского края от 31.01.2018 № 82-404/4 «Об индексах изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ» [Электронный ресурс]. – режим доступа к стр.: <http://minstroy.krskstate.ru/tsn/0/id/19516> (дата обращения: 24.09.2021).



Рисунок 1. Карта распространения вечной мерзлоты



Рисунок 2. Структура затрат на выполнение работ для подземного нефтепровода



Рисунок 3. Структура затрат на выполнение работ для нефтепровода надземной прокладки



Рисунок 4. Сравнение затрат на сооружение и годовую эксплуатацию трубопровода при различных схемах прокладки

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

Инженерно-строительный институт
институт

Кафедра строительных конструкций и управляемых систем
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись С.В. Деордиев
инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Технология устройства Водовода Низкого давления в условиях
вечной мерзлоты на примере Куюмбинского нефтегазового
месторождения

тема

08.04.01 Строительство

код и наименование направления

08.04.01.14 Промышленное и гражданское строительство

код и наименование магистерской программы

Научный руководитель/
руководитель К.Г. Башаров
подпись, дата

канд. техн. наук, доцент каф. СМиТС
должность, ученая степень

К.Г. Башаров
инициалы, фамилия

Выпускник А.Н. Патюков
подпись, дата

А.Н. Патюков
инициалы, фамилия

Рецензент С.А. Ханаков
подпись, дата

Зав. сектора ОиФ
должность, ученая степень

С.А. Ханаков
инициалы, фамилия

Консультанты:

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

наименование раздела

подпись, дата

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

инициалы, фамилия

Красноярск 2021