


## ЗАО «Уральский завод полимерных технологий «Маяк»

**СОГЛАСОВАНО:**

Генеральный директор  
ООО «ПФ-ИНЖ»

  
\_\_\_\_\_/Зепалов Ф.Н./  
« 30 » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Генеральный директор  
ЗАО «УЗПТ «Маяк»

  
\_\_\_\_\_/Алявдин Д.В./  
« 30 » \_\_\_\_\_ 2019 г.

### **Технико-экономическое обоснование эффективности применения стальных свай с противоположной оболочкой ОСПТ «Relipe» в сравнении с термостабилизирующими устройствами**

2019 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1. Обзор технических решений по противодействию силам морозного пучения. ....	4
2. Методика выполнения технико-экономического обоснования .....	7
3. Исходные данные для выполнения расчетов. ....	8
3.1. Выбор объекта исследования. ....	8
3.2. Краткая характеристика природных условий района строительства. ....	9
4. Методика теплотехнических и деформационных расчетов. ....	12
4.1. Постановка задачи. ....	12
4.2. Построение области моделирования. ....	14
4.3. Начальные условия моделирования. ....	15
5. Результаты теплотехнических и деформационных расчетов. ....	17
6. Сравнение стоимости технических решений. ....	35
Заключение .....	36
Перечень нормативной и технической документации. ....	38
Приложение 1. Сертификат соответствия программы Permafrost 3D. ....	39
Приложение 2. Локальные сметные расчеты. ....	40

## **Введение**

Работа выполнена на основании договора №19-77/УЗПТ от 02.12.2019 г, заключенного между ЗАО УЗПТ "Маяк" и ООО "ПФ-ИНЖ".

Целью работы являлось выполнение Технико-экономического обоснования эффективности применения стальных свай с противопучинной оболочкой ОСПТ «Reline» в сравнении с термостабилизирующими устройствами.

В процессе проведения работы выполнено следующее:

- выбор объекта исследования (малонагруженное сооружение, расположенное в районе распространения многолетнемерзлых грунтов, свайный фундамент которого потенциально подвержен воздействию сил морозного пучения грунта);

- подбор расчетной модели для теплотехнического моделирования, соответствующей рассматриваемым инженерно-геокриологическим и климатическим условиям. Выполнение расчетов и получение распределения температуры по глубине грунтового разреза;

- выполнение проверочных расчетов касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания для базовой (проектной) их длины;

- подбор оптимальной длины свай фундамента способных воспринимать нагрузки от сооружения и противодействовать силам морозного пучения без каких-либо дополнительных мероприятий;

- подбор параметров (количество, типоразмер) термостабилизаторов грунта (ТСГ) для понижения температуры грунтов основания и повышения их несущих характеристик (тем самым обеспечивая противодействие силам морозного пучения);

- выполнение расчетов касательных сил морозного пучения действующих на свайный фундамент сооружения при условии использования противопучинной оболочки ОСПТ «Reline»;

- анализ результатов расчетов и технико-экономическое сравнение рассмотренных вариантов.

## **1. Обзор технических решений по противодействию силам морозного пучения.**

При проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений на свайном фундаменте в районах распространения сезоннопромерзающих и многолетнемерзлых грунтов, основной задачей является обеспечение их устойчивости, прочности и долговечности.

Одной из наиболее серьезных проблем является морозное пучение грунтов. Особенно подвержены морозному пучению малонагруженные фундаменты линий электропередач, трубопроводов, контактной сети электрификации железных дорог, малоэтажных зданий и т.д. Для таких сооружений, как правило, несущей способности грунтов основания достаточно для восприятия свайным фундаментом проектных нагрузок, однако силы морозного пучения, возникающие в процессе промерзания грунтов деятельного слоя, часто оказываются больше удерживающих сил.

На сегодняшний день, для обеспечения устойчивости таких сооружений применяются следующие мероприятия:

- 1) Увеличение глубины заложения свайного фундамента.
- 2) Применение термостабилизаторов грунта.
- 3) Применение противопучинных мероприятий, направленных на снижение сил смерзания свай фундамента с грунтом в деятельном слое.

Подбор необходимого увеличения глубины заложения свайного фундамента выполняется по результатам последовательных расчетов силы, удерживающей фундамент от выпучивания и касательной силы морозного пучения. Вариант длины свайного фундамента, при котором расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания (с соответствующими коэффициентами надёжности) будет больше расчетных касательных сил пучения (за вычетом нагрузки на фундамент от сооружения) будет являться оптимальным.

На первый взгляд, данное решение может показаться наиболее простым и наименее затратным. Однако это не так. Применение данного решения ведет к нарушению принципов унификации (для различных объектов требуется различная длина свай фундамента), увеличению металлоемкости (для некоторых грунтовых условий к достаточно значительному), расходов на бурение и погружение свай (может потребоваться более мощная техника) и как следствие увеличение времени строительства объекта (объектов) в целом.

Применение термостабилизаторов грунта (ТСГ) в полной мере оправдывает себя только в том случае, когда помимо опасности выпучивания фундаментов существует недостаток несущей способности грунтов основания. Повышение несущих

характеристик грунтов основания за счет понижения их температуры (или промораживания, в случае талого состояния) в процессе работы ТСГ повышает и силы, удерживающие фундамент от выпучивания. Однако и здесь существует ряд недостатков. Для обоснованного выбора типа и характеристик ТСГ необходимо выполнение теплотехнических расчетов и разработка проекта (п. 6.3. СП 25.13330.2012). Теплотехнические расчеты (особенно для сложных и не однородных грунтовых условий) требуют применения специального программного обеспечения, позволяющего выполнять расчеты в 3D постановке, такого как, например, [Permafrost 3D](#). Сами термостабилизаторы достаточно дороги, имеют ограничения по транспортировке, монтажу и условиям эксплуатации, требуют мониторинга работоспособности и часто не ремонтпригодны при выходе из строя после установки.

Для снижения касательных сил морозного пучения, действующих на сваи, применяются различные смазки, гидрофобные пропитки и противопучинные полимерные покрытия.

Наиболее распространенными противопучинными смазками и пропитками является смазка БАМ-4 и кремнийорганические эмали КО-174 и КО-1164.

Смазка БАМ-4 представляет собой мягкую и пластичную углеродистую композицию из переработанных нефтяных продуктов, предназначена для защиты фундаментов, возводимых на грунтах подверженных пучению. Она особенно эффективна при защите деревянных конструкций. Перед нанесением смазки на бетонные поверхности необходима их обязательная пропитка олифой или эмалью. Поверх обмазки БАМ-4, на обработанные поверхности свай необходимо накладывать полимерные ленты или пленку для предохранения смазки от стягивания при пучении грунта.

Кремнийорганическая эмаль КО-174 представляет собой суспензию пигментов и наполнителей в растворах кремнийорганических смол и обладает высокой адгезией к различным строительным материалам. Эмаль применяется для обработки изделий из бетона (стеновые панели, цоколи домов), цемента, стекла, дерева, асбошифера, некоторых пластмасс и др.

Кремнийорганическая эмаль КО-1164 применяется в строительстве в качестве атмосферостойких покрытий для изделий из бетона, асбоцемента, а также для отделки наружных и внутренних элементов зданий и сооружений. Рекомендована производителем для закрытия пор на поверхности фундаментов. Физико-химические свойства эмали КО-1164 такие же, как КО-174, но несколько уступают ей по светостойкости и атмосферостойкости.

Указанные противопучинные покрытия, несмотря на их доступность и сравнительно невысокую стоимость, не обладают достаточной прочностью и долговечностью при циклических нагрузках на фундаменты в процессе пучения грунтов. В результате такого воздействия происходит повреждение покрытий, вымывание смазок грунтовыми водами и как следствие коррозия металлических поверхностей и через какие-то время продолжение выпучивания свай фундамента.

Наиболее эффективным способом, снижающим смерзание свай с грунтом в деятельном слое, является устройство свайных фундаментов с противопучинным полимерным покрытием. ЗАО УЗПТ «Маяк» была разработана противопучинная оболочка из сложно-модифицированного термоусаживаемого полимера ОСПТ «Reline». Высокая эффективность применения свайных фундаментов с противопучинной оболочкой ОСПТ «Reline» определяется снижением касательных сил морозного пучения грунта не менее чем в 2 раза, что было подтверждено полевыми и лабораторными испытаниями.

Каждое из перечисленных выше мероприятий имеет как преимущества, так и недостатки. Более обоснованный выбор того, либо иного технического решения по противодействию касательным силам морозного пучения, действующим на свайный фундамент, может быть сделан по результатам технико-экономического сопоставления.

## **2. Методика выполнения технико-экономического обоснования**

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) выполняется на основании сравнения 3 вариантов устройства свайных фундаментов в пучинистых грунтах для конкретного объекта, а именно:

1) Увеличение глубины заложения свай фундамента, относительно их базовой (проектной) длины, до такой величины, которая позволяла бы противодействовать касательным силам морозного пучения.

2) Применение термостабилизаторов для понижения температуры грунтов основания и повышения их несущих характеристик при базовой (проектной) длине свай.

3) Применения противопучинной оболочки ОСПТ «Reline» для снижения касательных сил морозного пучения.

ТЭО состоит из двух частей.

В первой части выполняются необходимые теплотехнические и деформационные расчеты и производится сравнение выбранных вариантов технических решений в относительных величинах (изменение длины свай, повышение удерживающих сил или сокращение касательных сил морозного пучения).

Во второй части приводятся стоимостные показатели, полученные по сметным расчетам выполнения строительно-монтажных работ (СМР) по устройству свайных фундаментов в рассмотренный варианты.

Критерием оценки эффективности, является наименьшая стоимость СМР по обустройству свайного фундамента рассматриваемого объекта. На основании сравнительного анализа стоимости СМР каждого из рассмотренных технических решений можно сделать вывод об экономической целесообразности их применения и определить наиболее оптимальный.

### 3. Исходные данные для выполнения расчетов.

#### 3.1. Выбор объекта исследования.

В качестве рассматриваемого объекта была выбрана одна из опор воздушной линии электропередачи 110 кВ, расположенной недалеко от Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения в Ямало-Ненецком автономном округе (рис. 3.1).

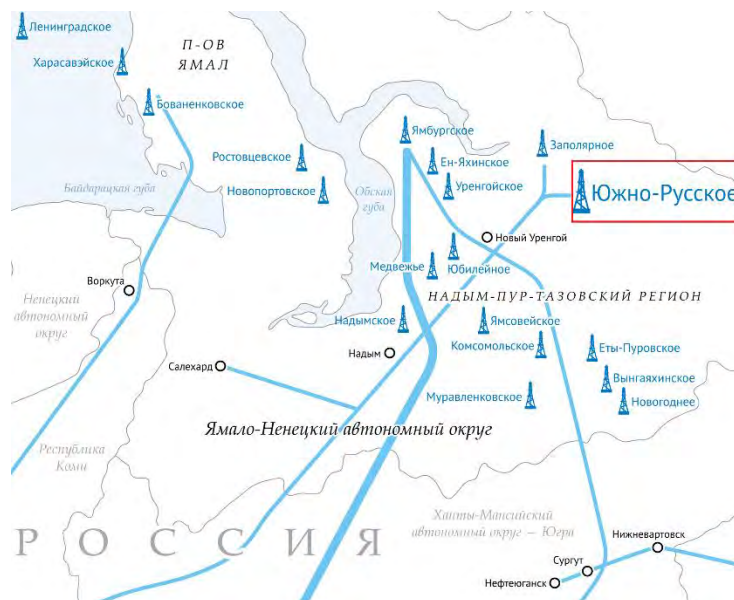


Рисунок 3.1 – Расположение Южно-Русского НГКМ.

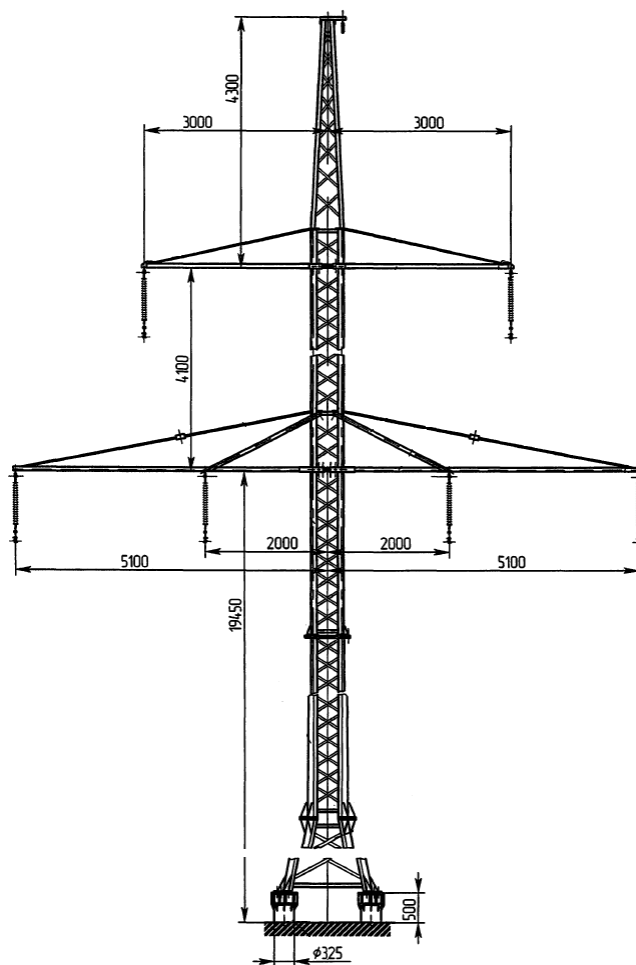
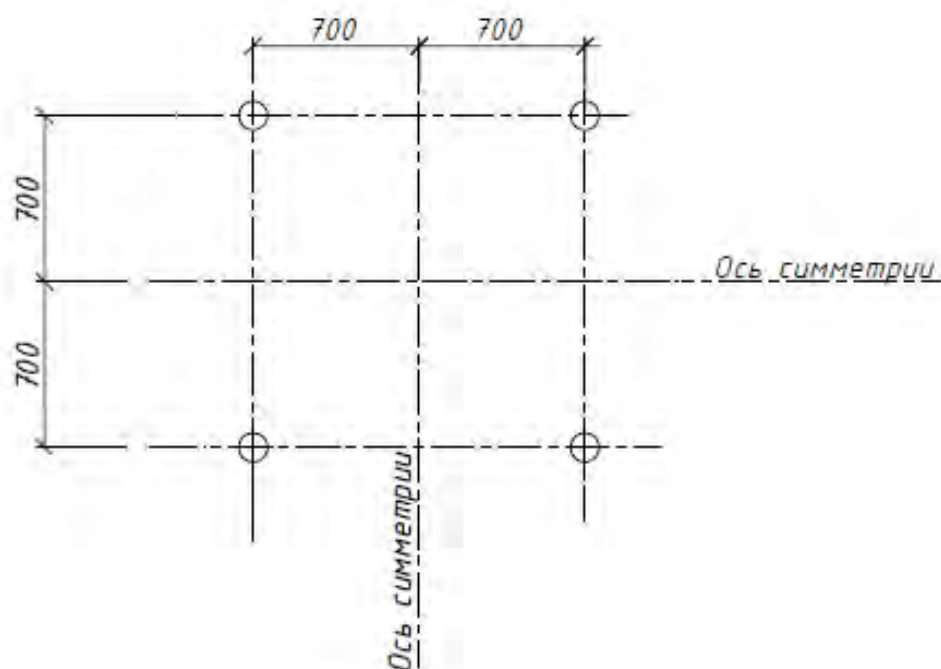


Рисунок 3.2 – Общий вид опоры ВЛ.



В качестве фундаментов опор ВЛ предполагается использовать металлические сваи  $\varnothing 325 \times 8$  мм длиной 10 м. Схема размещения свай опоры приведена на рис. 3.3.

Вдавливающая нагрузка на одну сваю составляет 7,3 тс, выдергивающая нагрузка 6,8 тс. Уровень ответственности сооружения – II (нормальный).



Условные обозначения:


 - свая по проекту

Рисунок 3.3 – Расположение свай фундамента опоры ВЛ

### 3.2. Краткая характеристика природных условий района строительства.

Рассматриваемый объект располагается в Красноселькупском районе Ямало-Ненецкого автономного округа в пределах Южно-Русского НГКМ.

Рельеф местности в основном равнинный, местами всхолмленный, бугристый. Местность частично заболоченная, покрыта низкорослым, угнетенным лесом, где преобладают лиственница и береза.

Климат рассматриваемой территории более суровый, чем климат районов, лежащих на той же широте к западу от Урала и по климатическому районированию для строительства (СП 131.13330.2012) соответствует зоне IА.

Для рассматриваемой территории характерны холодная продолжительная зима, сравнительно короткое прохладное лето, поздние весенние и ранние осенние заморозки, короткие переходные сезоны - весна и осень.

Средняя годовая температура воздуха равна минус 7,8 °С.

Годовой ход температур воздуха типичен для континентального климата. Самые холодные месяцы обычно январь и февраль, наиболее тёплый месяц - июль.

Таблица 3.1 Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
-26,4	-26,4	-19,2	-10,3	-2,6	8,4	15,4	11,3	5,2	-6,3	-18,2	-24	-7,8

Выпадение первого снега наступает обычно ранее даты перехода температуры воздуха через 0 °С и в среднем соответствует 2 октября. Колебание сроков наступления даты устойчивого образования снежного покрова в каждом конкретном году может значительно отличаться от средней. Максимальных значений высота снежного покрова достигает в третьей декаде марта. Полностью снежный покров разрушается в последней декаде мая – первой декаде июня.

На всей территории зимой господствуют ветры южного и юго-западного направления. Повторяемость их составляет 40-65%. С июня по август преобладают ветры с северной составляющей. В силу равнинного местоположения территории суточный ход направления и скорости ветра сглажен. Более четко он выражен в теплый период и весьма слабо - в холодный.

Таблица 3.2. Средние месячные и годовые скорости ветра, м/с

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
3,3	2,9	3,5	3,9	4,2	4,4	3,5	3,4	3,5	4,1	3,3	3,3	3,6

Как правило, сильные ветры чаще наблюдаются на господствующих направлениях и отличаются большой продолжительностью.

Геокриологические условия характеризуются преимущественно сплошным распространением многолетнемерзлых грунтов (ММГ) сливающегося и несливающегося типов. Многолетнемерзлые грунты встречаются на различных геоморфологических элементах и распространены как в пониженных частях рельефа, где они слагают различные по форме бугры пучения, так и на плоских поверхностях, торфяниках и территориях где имеется мощный мохово-торфяной покров.

Глинистые и суглинистые мерзлые грунты имеют, как правило слоистую криогенную текстуру, песчаные и супесчаные грунты – массивную и линзовидную.

По общему содержанию воднорастворимых солей ( $D_{sal}$ ) грунты относятся к незасоленным.

Среднегодовая температура грунтов изменяется в пределах от минус 0,1 °С до минус 1,1 °С, в связи с чем глинистые и суглинистые грунты находятся в пластичномерзлом состоянии, а песчаные и супесчаные могут находиться как в пластичномерзлом, так и твердомерзлом состояниях.

Нормативная глубина оттаивания составляет:

- для песков 3,5 – 4,0 м;
- для супесей 2,0 – 2,8 м;
- для суглинков 2,0 – 2,5 м;
- для глин 1,5 – 2,0 м;
- для торфа 0,3 – 0,8 м.

На рассматриваемой территории широко развиты различные криогенные процессы, такие как пучение, термокарст, термоэрозия, наледеобразование. На склонах могут развиваться оползневые процессы и солифлюкция.

## 4. Методика теплотехнических и деформационных расчетов.

### 4.1. Постановка задачи.

Теплотехнические расчеты выполняются в программе «Permafrost 3D» разработанной ООО «ПермафростИнжиниринг» (сертификат соответствия РСН 67-87 и СП.25.13330.2012 № RA.RU.АБ86.Н01171 (0351069) (Приложение 1) позволяющей выполнять прогноз изменения температурного режима грунтов основания зданий и сооружений в трехмерном пространстве с учетом влияния как природных, так и техногенных факторов.

Математическое моделирование осуществляется энтальпийным конечно-разностным методом по явной двухслойной схеме.

В прямоугольнике, являющемся областью моделирования. вводится произвольная прямоугольная неравномерная разностная сетка с шагами  $h(x)$ ,  $h(y)$ ,  $h(z)$  и временная сетка с шагами  $\tau^l$ .

Применяя интегрально – интерполяционный метод (метод баланса) построение однородных разностных схем, по явной схеме имеет вид:

$$\frac{H_{i,j,k}^{l+1} - H_{i,j,k}^l}{\tau^l} = (R_1 + R_2)h_j^{(x)}h_k^{(y)} + (R_3 + R_4)h_i^{(z)}h_k^{(y)} + (R_5 + R_6)h_i^{(z)}h_k^{(x)} + \Delta F_{i,j,k}^{(l)} \quad (1)$$

$$H_{i,j,k}^{l+1} = H_{i,j,k}^l + \tau^l \left[ (R_1 + R_2)h_j^{(x)}h_k^{(y)} + (R_3 + R_4)h_i^{(z)}h_k^{(y)} + (R_5 + R_6)h_i^{(z)}h_k^{(x)} + \Delta F_{i,j,k}^{(l)} \right] \quad (2)$$

где:

$H_{i,j,k}^l$  - теплосодержание элемента  $(i, j, k)$  в момент времени  $l$ ;

$R_n, n=1...6$  - теплоток соответственно через верхнюю нижнюю и четыре боковые грани каждого элемента

$\Delta F_{i,j,k}^{(l)}$  - изменение энергии внутренних источников в объеме  $\Delta U = h_i(z) h_j(y) h_k(x)$  за время  $\tau^l$ .

Для краевых условий I рода  $R_n$  равно:

$$R_n = 2(\mu^l - U_{l,n}^l) \frac{h_1^{(n)} \lambda_1(U_1)}{(h_1^{(n)})^2} = 2(\mu^l U_1^l) \frac{\lambda_1(U_1^l)}{h_1^{(n)}} \quad (3)$$

Где  $\mu^l = f_l(x_i, y_i, t^l)$ .

Для краевых условий II рода:

$$R_n = v^l \quad (4)$$

где  $v^l = \bar{f}$  - заданная величина теплового потока.

Для краевых условий III рода:

$$R_n = (\mu^l - U_1^l) \frac{1}{\frac{h_1^{(n)}}{2\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_{\text{пов}}^{(n)}} + R_{\text{пов}}^n} = (\mu^l - U_1^l) \frac{2}{\frac{h_1^{(n)}}{\lambda_1} + 2\left(\frac{1}{\alpha_{\text{пов}}^{(n)}} + R_{\text{пов}}^n\right)} \quad (5)$$

где  $\mu^l$ - температура внешней среды;

$R_{\text{пов}}$  – термическое сопротивление;

$\alpha_{\text{пов}}$  – коэффициент конвективного теплообмена.

При решении задачи на шаге  $l$  по известной температуре и энтальпии  $H^l$  в каждом элементе определяется энтальпия на шаге  $l + 1$ . Далее определяется температура на слое  $l + 1$ . Затем определяется энтальпию  $H^{l+2}$  и т.д. Энтальпия определяется по следующей формуле:

$$H(u) = \int_0^u C(\xi) + \rho_d(W_{\text{tot}} - W_w(u^*))\delta(\xi - u^*)d\xi. \quad (6)$$

где  $C(\xi)$ - теплоемкость грунта;

Все теплотехнические расчеты проводятся с учетом фазовых переходов в спектре отрицательной температуры.

Расчеты воздействия на фундамент касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания, выполняются по методике, приведенной в СП 25.13330.2012 “Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах” (с изменениями 1, 2, 3).

Согласно п. 7.4 СП 25.13330.2012 устойчивость фундаментов на действие касательных сил морозного пучения грунтов надлежит проверять по условию:

$$\tau_{fh}\gamma_{af}A_{fh} - F + N \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} F_r \quad (7)$$

где:

$\tau_{fh}$  – расчетная удельная касательная сила пучения, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимается по табл.7.8 СП 25.13330.2012;

$\gamma_{af}$  – коэффициент равный для металлических свай без физико-химической обработки 0,7. Для свай, покрываемых термоусаживаемой противопучинной оболочкой ОСТП “Reline” производства ЗАО УЗПТ «Маяк», согласно СТО 36554501-054-2017 “Проектирование и устройство свайных фундаментов с проивопучинной оболочкой ОСТП “Reline” и результатов натурных испытаний этот коэффициент равен 0,42;

$A_{fh}$  – площадь боковой поверхности смерзания фундамента в пределах расчетной глубины промерзания-оттаивания (м<sup>2</sup>);

$F$  – расчетная нагрузка на фундамент, (тс) принимаемая с коэффициентом 0,9 по наиболее невыгодному сочетанию нагрузок и воздействий;

$N$  – выдергивающая нагрузка на фундамент (тс);

$F_r$  – расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, (тс)  
вычисляется по формуле 8;

$\gamma_c$  – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1,0;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,1

$$F_r = u \sum_{i=1}^n R_{af,i} h_i \quad (8)$$

где:

$u$  – периметр сечения поверхности сдвига, (м);

$R_{af,i}$  – расчетное сопротивление  $i$ -го слоя многолетнемерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания, кПа (тс/м<sup>2</sup>), принимается по приложению В СП 25.13330.2012;

$h_i$  – толщина  $i$ -го слоя мерзлого грунта, расположенного ниже подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания, (м).

#### 4.2. Построение области моделирования.

Расчетная область выбиралась с таким условием, чтобы в неё помещались все сваи фундамента рассматриваемой опоры ВЛ. Подобный выбор, обеспечивает корректную теплофизическую постановку. Длина и ширина расчетной области составляет 20 м, глубина 30 м (рис. 4.1).

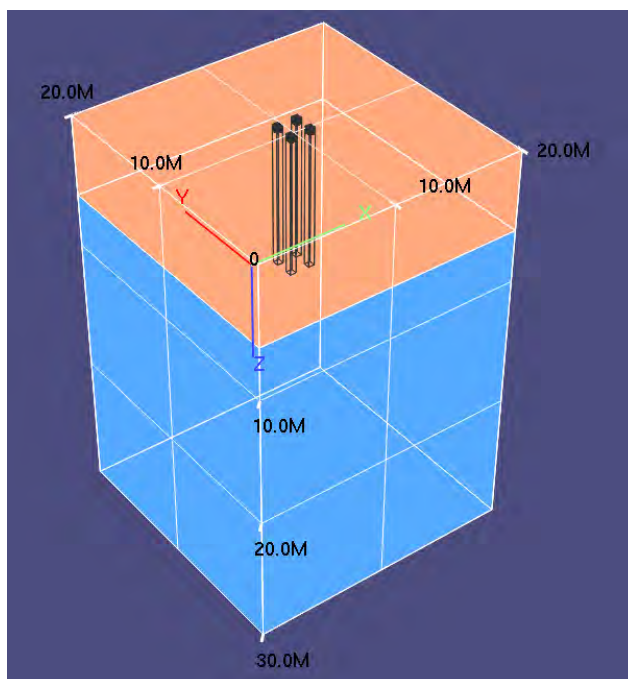


Рисунок 4.1 – Вид расчетной области в программе Permafrost 3D.

Для теплотехнического моделирования область исследования разбивалась на прямоугольные элементы (блоки) размером не более 0,1 м. Более мелкие элементы разбиваются программой автоматически в зависимости от густоты расположения

элементов моделируемой среды и их размеров. Разбивка учитывает геологические особенности залегания грунтов в разрезе, их свойства, положения границ распространения ММГ и т.д.

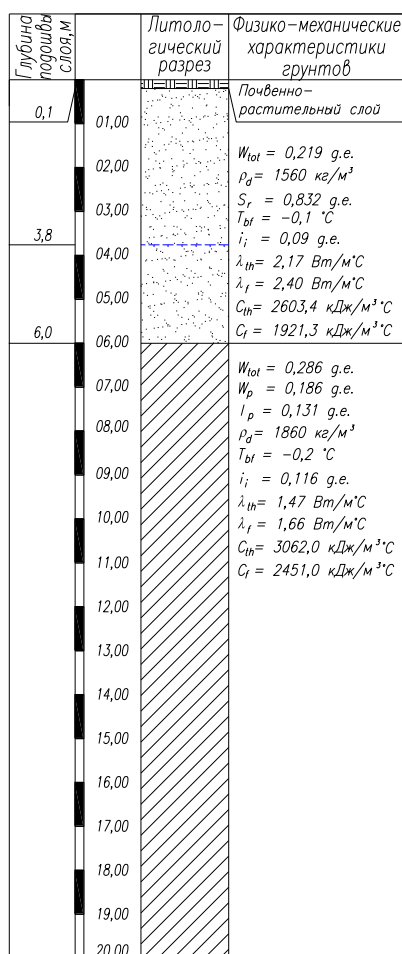
Назначалось 2 группы граничных условий:

II рода – тепловой поток через поверхность границы (Вт). Задается равным нулю на границах расчетной области.

III рода – температура окружающей среды ( $^{\circ}\text{C}$ ) и коэффициент теплообмена, (Вт/( $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ )) на поверхности. Характеризует участки дневной поверхности, а также работу сезоннодействующих охлаждающих устройств.

### 4.3. Начальные условия моделирования.

Для выполнения теплотехнических и деформационных расчетов был выбран один из типичных инженерно-геокриологических разрезов, распространенный на рассматриваемой территории (рис. 4.2). С поверхности грунты перекрыты маломощным почвенно-растительным слоем (0,1 м). Ниже, до глубины 6,0 м залегает песок мёрзлый, пылеватый, средней плотности, слабльдистый, при оттаивании насыщенный водой, ниже суглинок твердомерзлый, слабльдистый слоистой криотекстуры.



### Условные обозначения



Почвенно-растительный слой



Песок



Суглинок



Граница между инженерно-геологическими элементами



Кровля ММГ

- $W_{tot}$  - суммарная влажность грунта, д.е.  
 $W_p$  - влажность на границе раскатывания, д.е.  
 $I_p$  - число пластичности, д.е.  
 $S_r$  - степень заполнения пор льдом и незамерзшей водой, д.е.  
 $\rho_d$  - плотность грунта в сухом состоянии, кг/м<sup>3</sup>  
 $i_i$  - льдистость грунта за счет видимых ледяных включений, д.е.  
 $T_{bf}$  - температура начала замерзания грунта,  $^{\circ}\text{C}$   
 $C_f$  - объемная теплоемкость мерзлого грунта, кДж/м<sup>3</sup> $^{\circ}\text{C}$   
 $C_{th}$  - объемная теплоемкость талого грунта, кДж/м<sup>3</sup> $^{\circ}\text{C}$   
 $\lambda_f$  - коэффициент теплопроводности мерзлого грунта, Вт/м $^{\circ}\text{C}$   
 $\lambda_{th}$  - коэффициент теплопроводности талого грунта, Вт/м $^{\circ}\text{C}$

Рисунок 3.4 – Инженерно-геокриологический разрез, принятый при выполнении теплотехнических и деформационных расчетов.

Для каждого выделенного внутреннего блока модели задавались свои физико-механические и теплофизические характеристики, соответствующие свойствам грунтов разреза.

Начальное распределение температуры грунтов задавалось по результатам замеров, выполненных при производстве инженерно-геологических изысканий и приведено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза, °С (на октябрь).

<b>Глубина, м</b>	<b>Температура, °С</b>
1,0	2,6
2,0	1,1
3,0	0,2
4,0	-0,1
5,0	-0,2
6,0	-0,2
7,0	-0,3
8,0	-0,3
9,0	-0,3
10,0	-0,3
11,0	-0,3
12,0	-0,3
13,0	-0,3
14,0	-0,4
15,0	-0,4
16,0	-0,4
17,0	-0,4
18,0	-0,4
19,0	-0,4
20,0	-0,4



## 5. Результаты теплотехнических и деформационных расчетов.

### Вариант 1.

По Варианту 1 был выполнен расчет касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания для измеренных (начальных) температур грунта, приведенных в таблице 4.1, без применения противопучинистого покрытия сваи. Расположение сваи фундамента в грунте для Варианта 1 расчета приведено на рисунке 5.1.

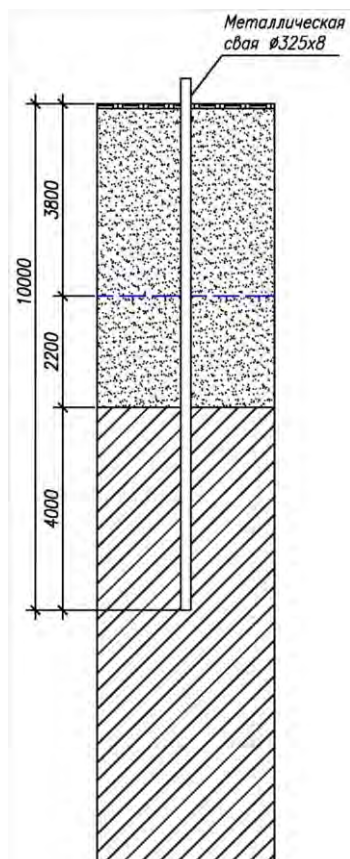


Рисунок 5.1 – Расположение сваи фундамента длиной 10 м в грунте (для Варианта 1 расчета).

Для расчета по **Варианту 1** используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{fn} = 70 \text{ кПа или } 7,14 \text{ тс/м}^2;$$

$$A_{fn} = 2 * 3,14 * (0,325/2) * 3,8 = 3,88 \text{ м}^2;$$

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{af} = 0,7$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_c = 1,0;$$

$$\gamma_n = 1,1;$$

$R_{af,1} = 20 \text{ кПа или } 2,04 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,1^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,2} = 40 \text{ кПа}$  или  $4,08 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,2^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,3} = 40 \text{ кПа}$  или  $4,08 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус  $0,3^\circ\text{C}$ ).

$$F_r = 2 * 3,14 * (0,325/2) * (2,04 * 0,2 + 4,08 * 2 + 4,08 * 4) = 25,4 \text{ тс.}$$

Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$7,14 * 0,7 * 3,88 - 6,57 + 6,8 = 19,6 \text{ тс.}$$

Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1) * 25,4 = 23,1 \text{ тс.}$$

**$19,6 \text{ тс} < 23,1 \text{ тс}$  условие выполняется.**

Однако опоры прожекторных мачт, трубопроводов, опор ВЛ, в процессе своей эксплуатации, являясь положительной формой рельефа, способствуют неравномерному перераспределению снега в зимний период. В результате чего мощность снежного покрова у основания опор может быть на 30-70 % больше чем в естественных природных условиях.

Для оценки влияния увеличения снежных отложений на температурный режим грунтов основания опоры ВЛ и глубину сезонного промерзания-оттаивания был выполнен теплотехнический расчет. Результаты расчета приведены на рисунках 5.2-5.6 и таблице 5.1.

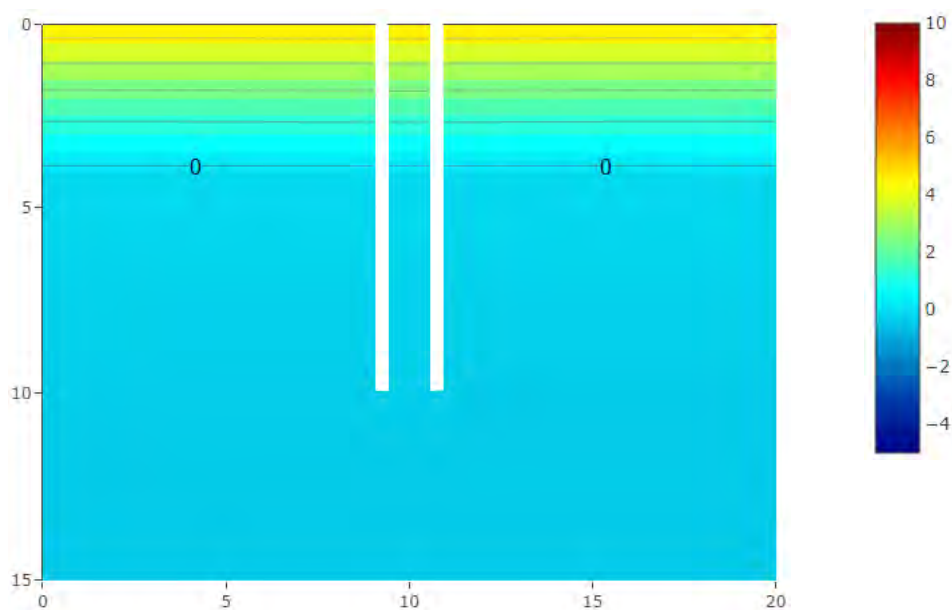


Рисунок 5.2 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза на момент начала моделирования (октябрь).

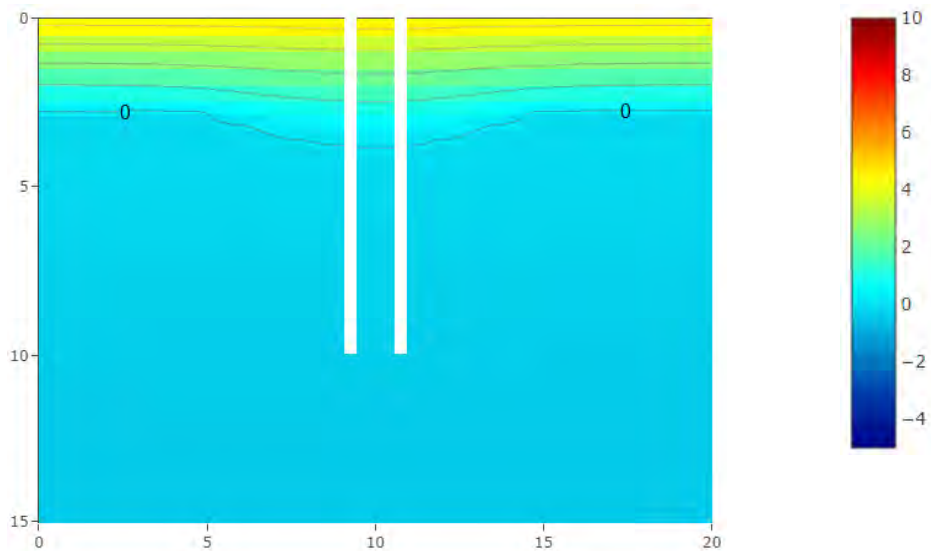


Рисунок 5.3 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза через 5 лет (октябрь).

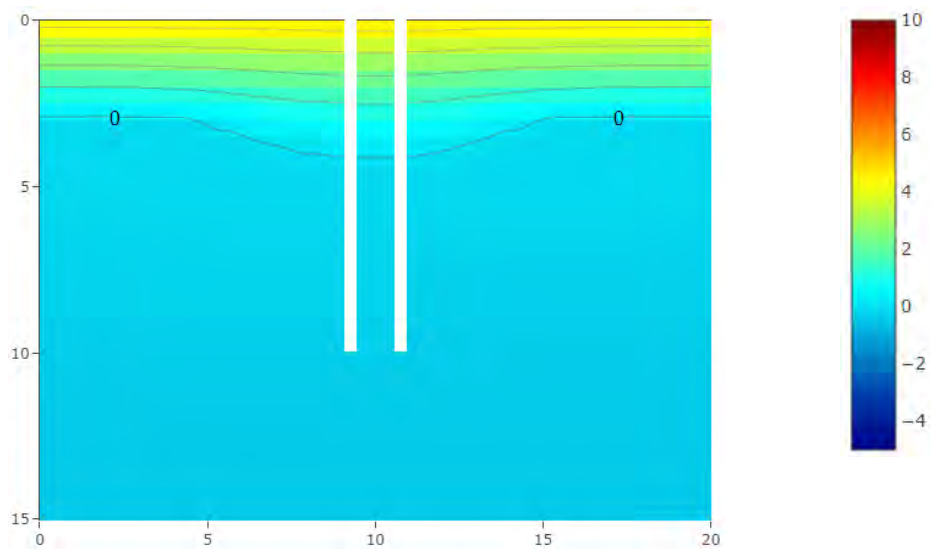


Рисунок 5.4 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза через 10 лет (октябрь).

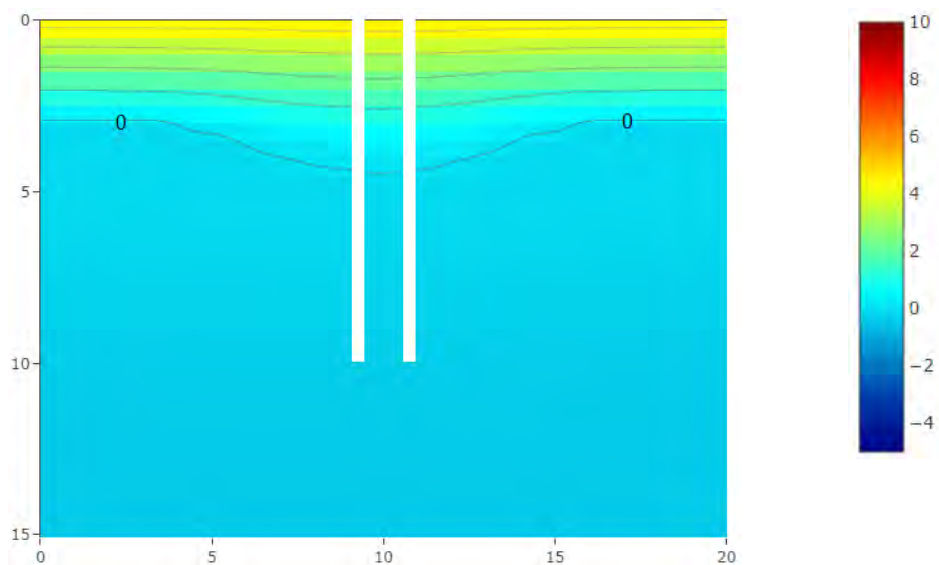


Рисунок 5.5 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза через 30 лет (октябрь).

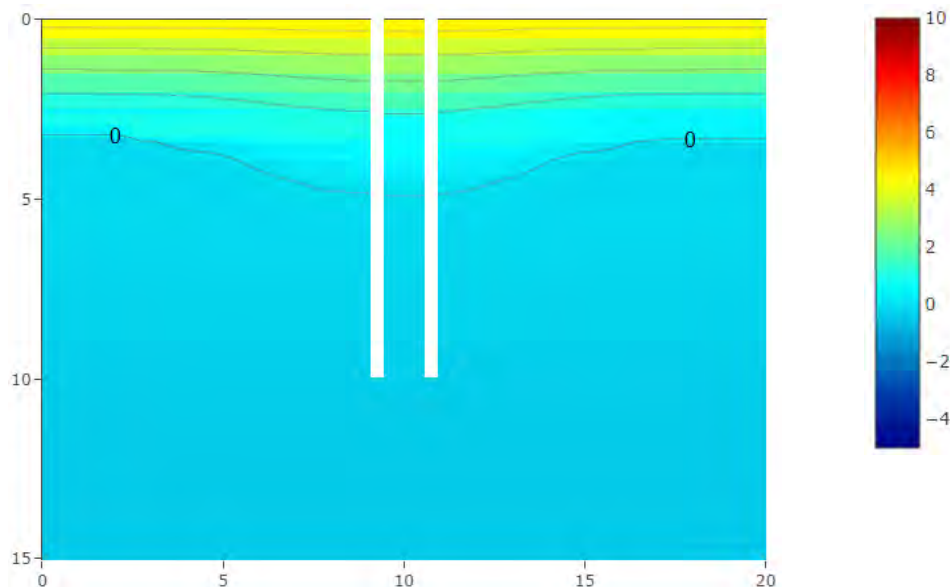


Рисунок 5.6 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза через 50 лет (октябрь).

Таблица 5.1. Распределение температуры по глубине грунтового разреза (°C) на октябрь.

Глубина, м	Начальная температура грунта	Через 5 лет	Через 10 лет	Через 30 лет	Через 50 лет
1,0	2,6	2,9	2,9	2,9	3,0
2,0	1,1	1,5	1,5	1,6	1,6
3,0	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8
4,0	-0,1	0,0	0,1	0,3	0,3
5,0	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	0,0
6,0	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1
7,0	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2
8,0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2
9,0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
10,0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
11,0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
12,0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
13,0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
14,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,3
15,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
16,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
17,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
18,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
19,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
20,0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4

Из рассмотрения результатов теплотехнического расчета видно, что увеличение снегонакопления вокруг опоры ВЛ (в расчете принято увеличение над естественным снегонакоплением на 30%) ведёт к постепенному повышению температуры грунтов и увеличению глубины сезонного оттаивания. Так уже через пять лет глубина сезонного

промерзания-оттаивания увеличивается с 3,8 м до 4,1 м, через 10 лет – до 4,4 м, через 30 лет – до 4,8 м. За 50 лет эксплуатации глубина оттаивания грунтов увеличивается с 3,8 м до 5,1 м. Происходит формирование мерзлоты не сливающегося типа т.е. превышения глубины оттаивания (мощности талого грунта с поверхности) которая составляет 5,1 м над глубиной промерзания, которая составляет 4,8 м.

Увеличение глубины промерзания грунтов приведет и к увеличению потенциальных сил морозного пучения, которые были оценены расчетом по **Варианту 2**. Расположение сваи фундамента в грунте для Варианта 2 расчета приведено на рисунке 5.7.

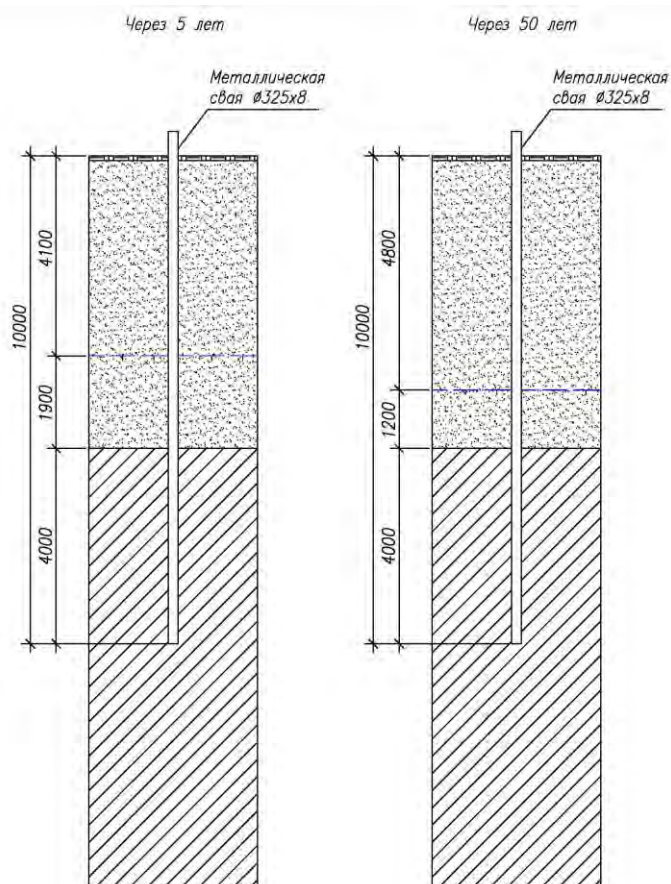


Рисунок 5.7 – Расположение сваи фундамента длиной 10 м в грунте (для Варианта 2 расчета).

Вначале выполним оценку касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания, которые будут действовать на сваю через 5 лет эксплуатации ВЛ

Для расчета используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{fn} = 70 \text{ кПа или } 7,14 \text{ тс/м}^2;$$

$$A_{fn} = 2 * 3,14 * (0,325/2) * 4,1 = 4,18 \text{ м}^2;$$

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{af} = 0,7$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_c = 1,0;$$

$$\gamma_n = 1,1;$$

$R_{af,1} = 20 \text{ кПа}$  или  $2,04 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,1^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,2} = 40 \text{ кПа}$  или  $4,08 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,2^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,3} = 40 \text{ кПа}$  или  $4,08 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус  $0,3^\circ\text{C}$ ).

$$F_r = 2 * 3,14 * (0,325/2) * (2,04 * 0,9 + 4,08 * 1,0 + 4,08 * 4,0) = 22,69 \text{ тс}.$$

Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$7,14 * 0,7 * 4,18 - 6,57 + 6,8 = 21,1 \text{ тс}.$$

Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1) * 22,69 = 20,6 \text{ тс}.$$

**$21,1 \text{ тс} > 20,6 \text{ тс}$  условие не выполняется, требуется техническое решение по противодействию касательным силам морозного пучения.**

Теперь выполним оценку касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания, которые будут действовать на сваю через 50 лет эксплуатации ВЛ

Для расчета используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{fn} = 70 \text{ кПа}$$
 или  $7,14 \text{ тс/м}^2$ ;

$$A_{fn} = 2 * 3,14 * (0,325/2) * 4,8 = 4,9 \text{ м}^2$$
;

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{af} = 0,7$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_c = 1,0;$$

$$\gamma_n = 1,1;$$

$R_{af,1} = 20 \text{ кПа}$  или  $2,04 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,1^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,2} = 32 \text{ кПа}$  или  $3,26 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус  $0,2^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,3} = 40 \text{ кПа}$  или  $4,08 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус  $0,3^\circ\text{C}$ ).

$$F_r = 2 * 3,14 * (0,325/2) * (2,04 * 1,2 + 3,26 * 2,0 + 4,08 * 2,0) = 17,48 \text{ тс}.$$



Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$7,14*0,7*4,9-6,57+6,8 = 24,7 \text{ тс.}$$

Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1)*17,48 = 15,9 \text{ тс.}$$

**24,7 > 15,9 тс условие не выполняется, требуется техническое решение по противодействию касательным силам морозного пучения.**

При этом несущая способность в рассмотренных вариантах расчета достаточна для восприятия проектной вдавливающей нагрузки.

Как видно из сравнения результатов расчета по **Варианту 1** и **Варианту 2** происходит увеличение сил морозного пучения и увеличение разности с расчетными значениями силы, удерживающей фундамент от выпучивания. Так уже через 5 лет после начала эксплуатации опоры ВЛ касательные силе морозного пучения на 3% превышают силы, удерживающей фундамент от выпучивания. Через 50 лет это соотношение увеличивается до 55%. Соответственно, необходимы дополнительные мероприятия по снижению касательных сил морозного пучения.

В качестве таких мероприятий было рассмотрено следующее:

- 1) Увеличение глубины заложения свайного фундамента (**Вариант 3** расчета).
- 2) Применение термостабилизаторов грунта (**Вариант 4** расчета).
- 3) Применение противопучинной оболочки ОСТП "Reline" производства ЗАО УЗПТ «Маяк» (**Вариант 5** расчета).

### **Вариант 3.**

Подбор необходимого увеличения глубины заложения свайного фундамента выполнялся по результатам последовательных расчетов силы, удерживающей фундамент от выпучивания и касательной силы морозного пучения. По итогам расчета установлено, что для того чтобы фундамент опоры ВЛ мог противодействовать касательным силам морозного пучения необходимо увеличить длину свай в грунте с предполагаемых проектных 10 м до 13 м. Расположение сваи фундамента в грунте для Варианта 3 расчета приведено на рисунке 5.8.

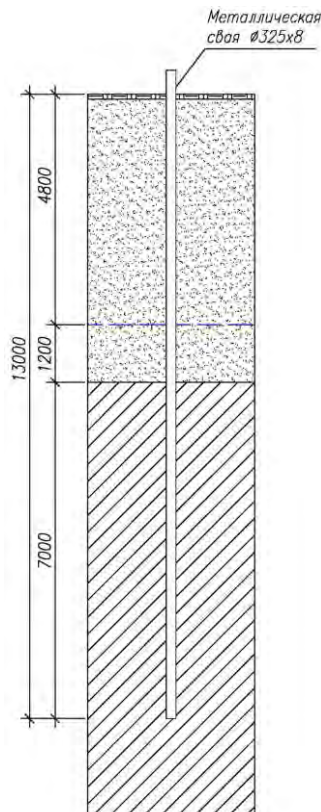


Рисунок 5.8 – Расположение сваи фундамента длиной 13 м в грунте (для Варианта 3 расчета).

Для расчета по **Варианту 3** используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{\text{н}} = 70 \text{ кПа или } 7,14 \text{ тс/м}^2;$$

$$A_{\text{н}} = 2 * 3,14 * (0,325/2) * 4,8 = 4,9 \text{ м}^2;$$

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{\text{af}} = 0,7$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_{\text{с}} = 1,0;$$

$$\gamma_{\text{н}} = 1,1;$$

$R_{\text{af},1} = 20 \text{ кПа или } 2,04 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,1^{\circ}\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{\text{af},2} = 32 \text{ кПа или } 3,26 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус  $0,2^{\circ}\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{\text{af},3} = 40 \text{ кПа или } 4,08 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус  $0,3^{\circ}\text{C}$ ).

$$F_r = 2 * 3,14 * (0,325/2) * (2,04 * 1,2 + 3,26 * 2,0 + 4,08 * 5,0) = 29,97 \text{ тс}.$$

Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$7,14 * 0,7 * 4,9 - 6,57 + 6,8 = 24,7 \text{ тс}.$$



Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1)*29,97 = 27,2 \text{ тс.}$$

$24,7 \text{ тс} < 27,2 \text{ тс}$  **условие выполняется**, противодействие силам морозного пучения обеспечено.

Для **Варианта 4** расчета был использован термостабилизатор грунта, вертикальный, стальной, с дисковым оребрением диаметром 38 мм, общей длиной 12 м (рис. 5.9).

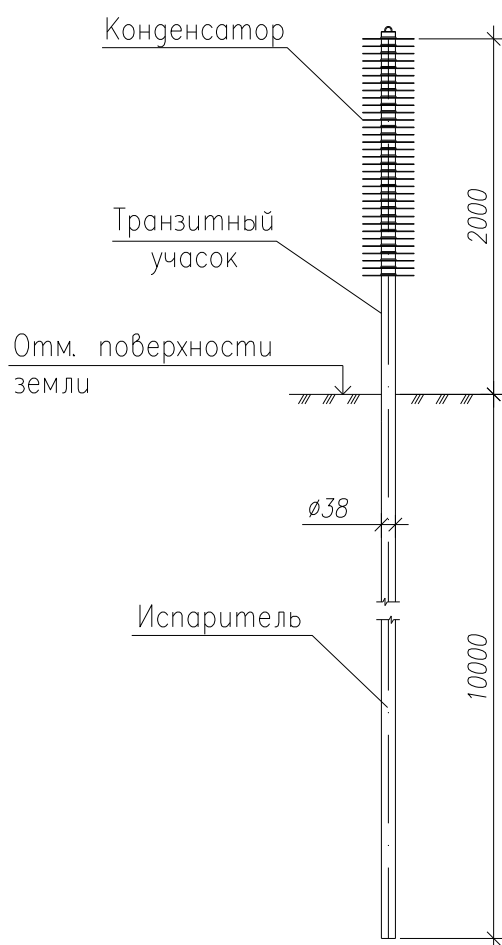


Рисунок 5.9 – Общий вид термостабилизатора грунта, принятого в расчетах.

Учитывая результаты натурных испытаний термостабилизаторов, различных производителей их коэффициент теплоотдачи в теплотехнических расчетах принимался не более  $8,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Было рассмотрено две схемы установки термостабилизаторов относительно свай опоры ВЛ (рис. 5.10, 5.11):

- 1) с одной стороны (1 ТСГ);
- 2) с двух сторон (2 ТСГ).

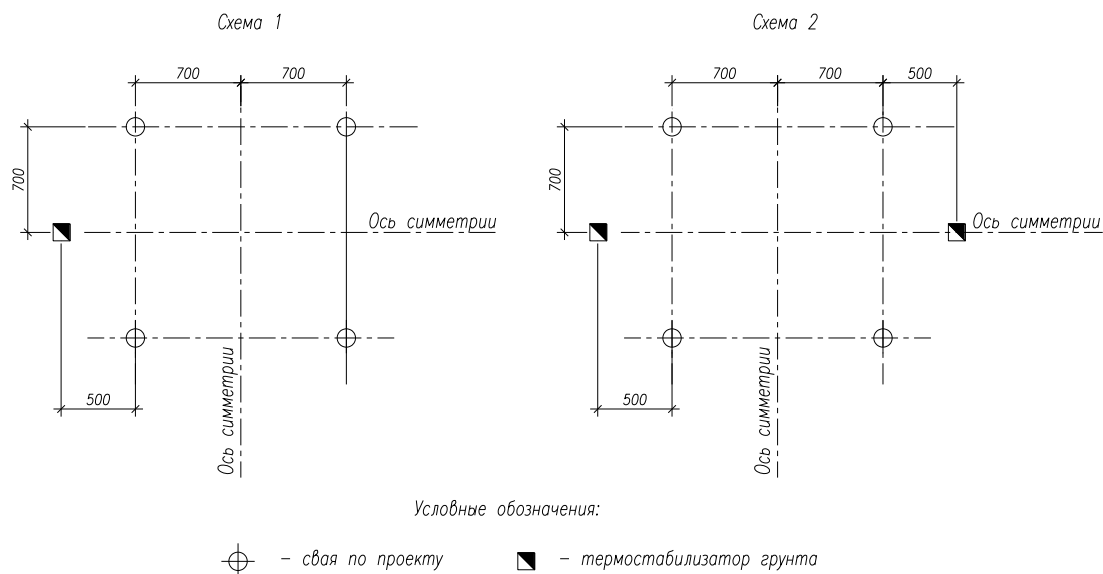


Рисунок 5.10 – Расчетные схемы установки термостабилизаторов грунта, относительно свай опоры ВЛ

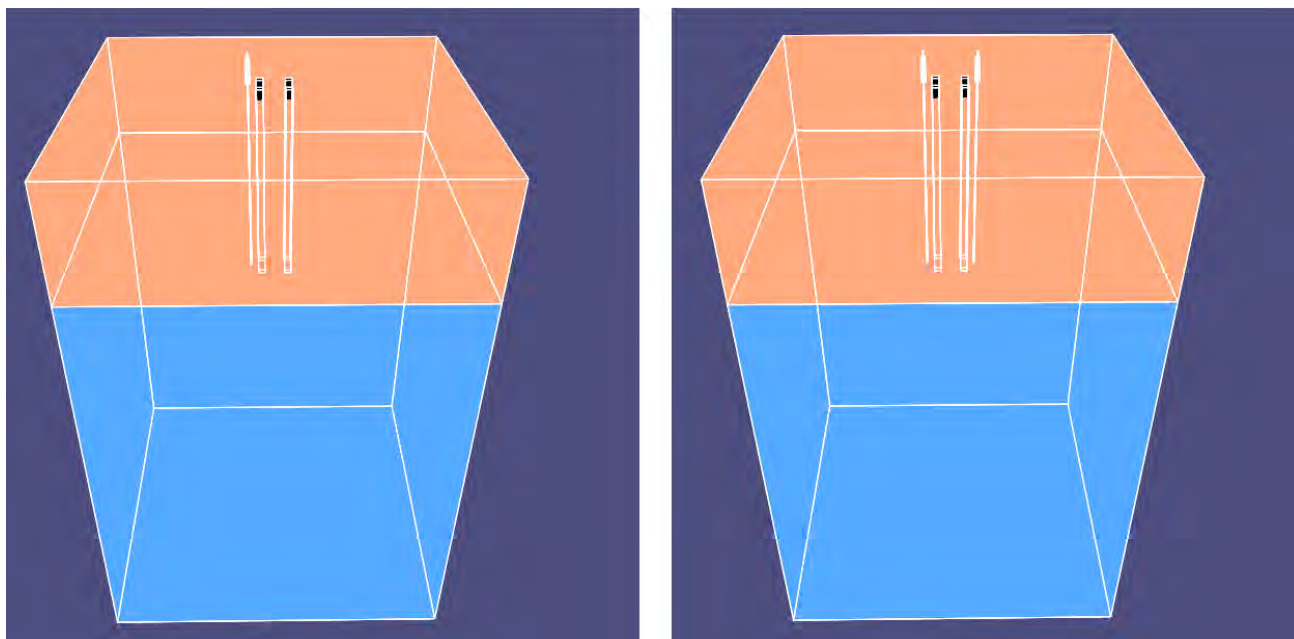


Рисунок 5.11 – Вид расчетных областей в программе Permafrost 3D.

Результаты теплотехнического расчета для схемы 1 приведены на рисунках 5.12-5.13 и таблице 5.2.

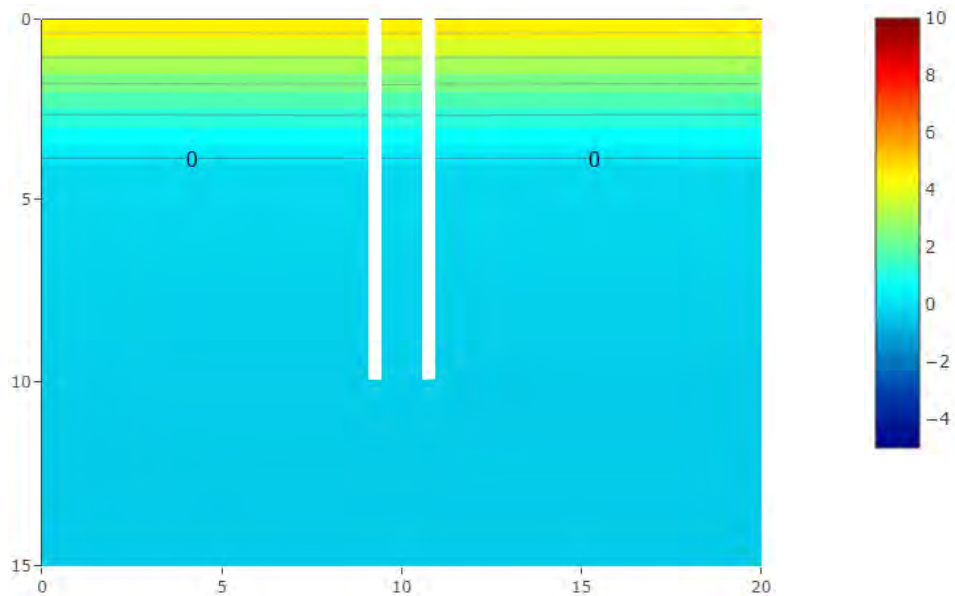


Рисунок 5.12 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза на момент начала моделирования (октябрь) при схеме 1 (1 ТСГ).

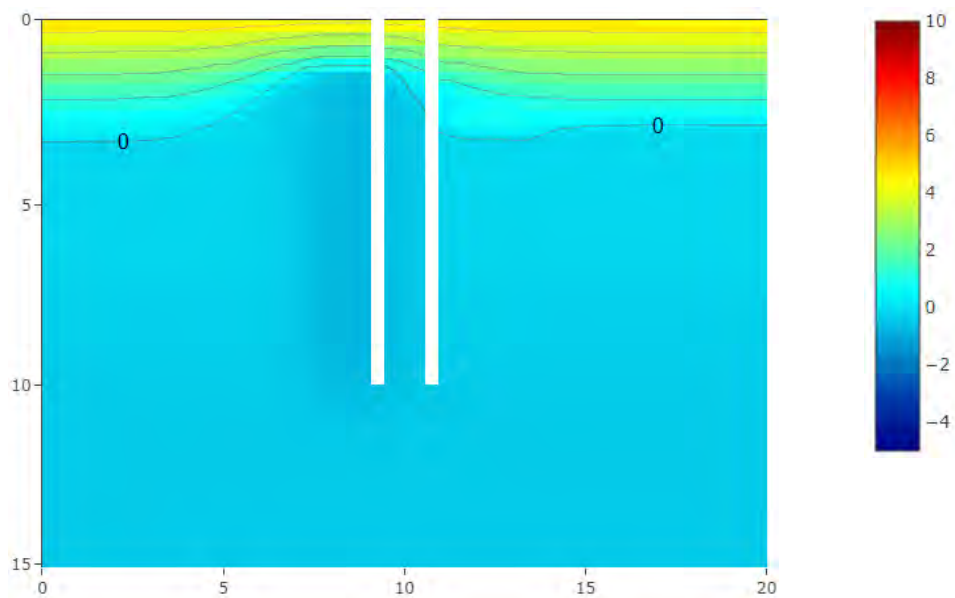


Рисунок 5.13 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза через 5 лет (октябрь) по схеме 1 (1 ТСГ).

Таблица 5.2. Распределение температуры по глубине грунтового разреза (°C) на октябрь.

Глубина, м	Начальная температура грунта	Через 5 лет	
		У сваи со стороны расположения ТСГ	У сваи с противоположенной от ТСГ стороны
1,0	2,6	2,3	2,9
2,0	1,1	-0,2	1,4
3,0	0,2	-0,4	0,3
4,0	-0,1	-0,5	0,0
5,0	-0,2	-0,5	-0,1
6,0	-0,2	-0,5	-0,2
7,0	-0,3	-0,6	-0,3
8,0	-0,3	-0,6	-0,3
9,0	-0,3	-0,6	-0,3
10,0	-0,3	-0,5	-0,3
11,0	-0,3	-0,4	-0,3
12,0	-0,3	-0,4	-0,3
13,0	-0,3	-0,3	-0,3
14,0	-0,4	-0,4	-0,4
15,0	-0,4	-0,4	-0,4
16,0	-0,4	-0,4	-0,4
17,0	-0,4	-0,4	-0,4
18,0	-0,4	-0,4	-0,4
19,0	-0,4	-0,4	-0,4
20,0	-0,4	-0,4	-0,4

Из рассмотрения результатов теплотехнического расчета с применением 1 термостабилизатора видно, что понижение температуры грунтов происходит только со стороны установки ТСГ. С противоположенной стороны отмечается увеличение глубины оттаивания-промерзания грунтов (с 3,8 м до 4,0 м), температуры же грунтов остаются практически неизменными.

Теперь выполним оценку касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания для сваи находящейся со стороны установки ТСГ и для сваи с противоположной стороны. Расположение свай фундамента в грунте приведено на рисунке 5.14.

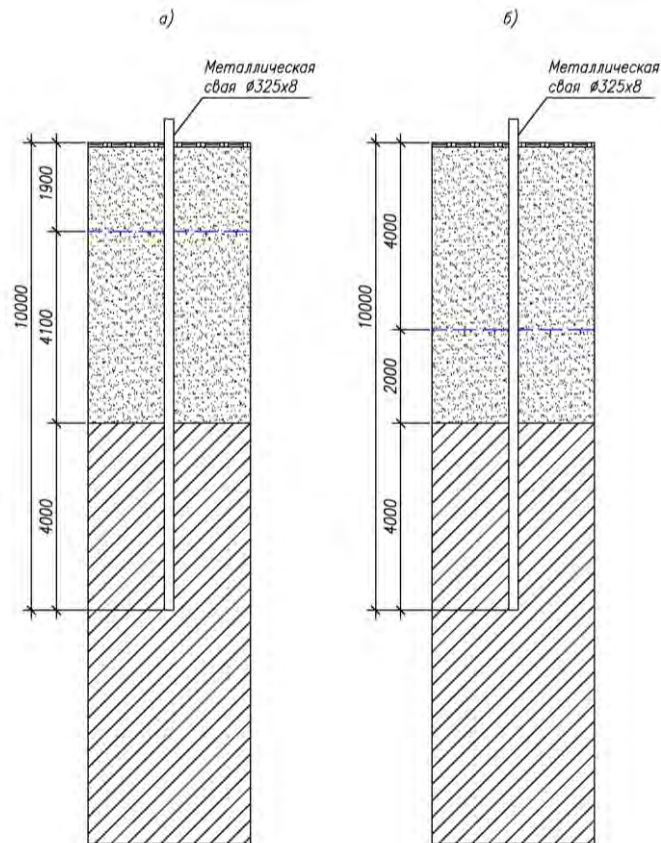


Рисунок 5.14 – Расположение сваи фундамента длиной 10 м в грунте

а) со стороны установки ТСГ;

б) с противоположной стороны

Для расчета сваи со стороны установки ТСГ используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{fn} = 91 \text{ кПа или } 9,28 \text{ тс/м}^2;$$

$$A_{fn} = 2 * 3,14 * (0,325/2) * 1\ddot{e},9 = 1,94 \text{ м}^2;$$

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{af} = 0,7$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_c = 1,0;$$

$$\gamma_n = 1,1;$$

$R_{af,1} = 40 \text{ кПа или } 4,08 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,2^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натуральных испытаний);

$$R_{af,2} = 80 \text{ кПа или } 8,16 \text{ тс/м}^2 \text{ (для песка при температуре минус } 0,5^\circ\text{C)};$$

$$R_{af,3} = 68 \text{ кПа или } 6,93 \text{ тс/м}^2 \text{ (для суглинка при температуре минус } 0,6^\circ\text{C)}.$$

$$F_r = 2 * 3,14 * (0,325/2) * (4,08 * 0,1 + 8,16 * 4,0 + 6,93 * 4) = 62,02 \text{ тс}.$$

Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$9,28 * 0,7 * 1,94 - 6,57 + 6,8 = 12,8 \text{ тс}.$$

Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1)*62,02 = 56,4 \text{ тс.}$$

**12,8 тс < 56,4 тс условие выполняется, противодействие силам морозного пучения обеспечено.**

Для расчета сваи с противоположной от установки ТСГ стороны используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{fn} = 70 \text{ кПа или } 7,14 \text{ тс/м}^2;$$

$$A_{fn} = 2*3,14*(0,325/2)*4,0=4,1 \text{ м}^2;$$

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{af} = 0,7$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_c = 1,0;$$

$$\gamma_n = 1,1;$$

$R_{af,1} = 20 \text{ кПа или } 2,04 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус 0,1°C, назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,2} = 40 \text{ кПа или } 4,08 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус 0,2°C, назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,3} = 40 \text{ кПа или } 4,08 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус 0,3°C).

$$F_r = 2*3,14*(0,325/2)*(2,04*1,0+4,08*1,0+4,08*4,0)=22,8 \text{ тс.}$$

Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$7,14*0,7*4,1-6,57+6,8= 20,8 \text{ тс.}$$

Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1)*22,8 = 20,7 \text{ тс.}$$

**20,8 тс > 20,7 тс условие не выполняется, противодействие силам морозного пучения не обеспечено.**

Как видно из рассмотрения результатов расчета, противодействие силам морозного пучения обеспечивается только со стороны установки термостабилизатора. Сваи, расположенные с противоположной стороны, не устойчивы и могут деформироваться за счет пучения на протяжении как минимум 5 лет.

Результаты теплотехнического расчета для схемы 2 приведены на рисунках 5.15-5.16 и таблице 5.3.

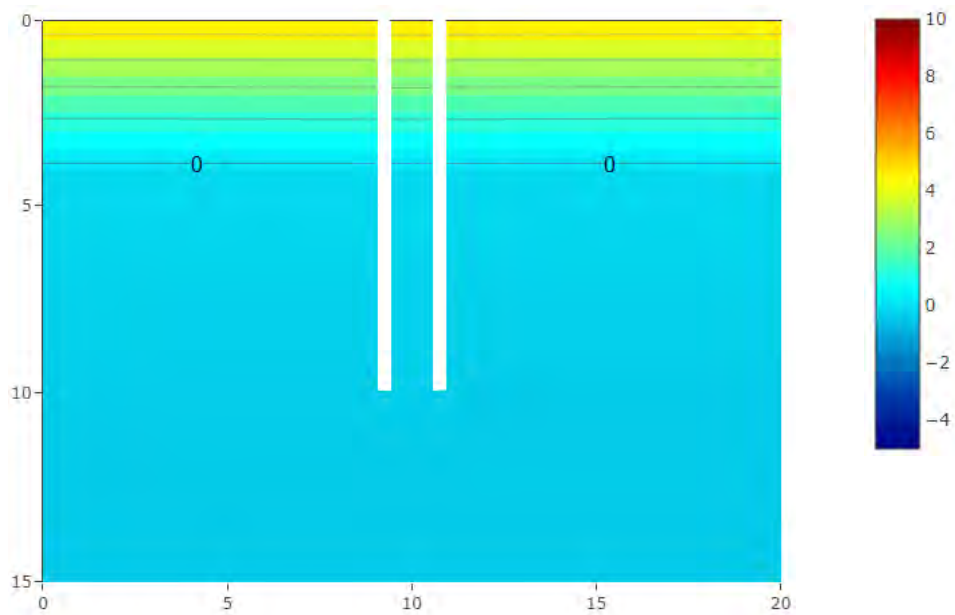


Рисунок 5.15 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза на момент начала моделирования (октябрь) при схеме 2 (2 ТСГ).

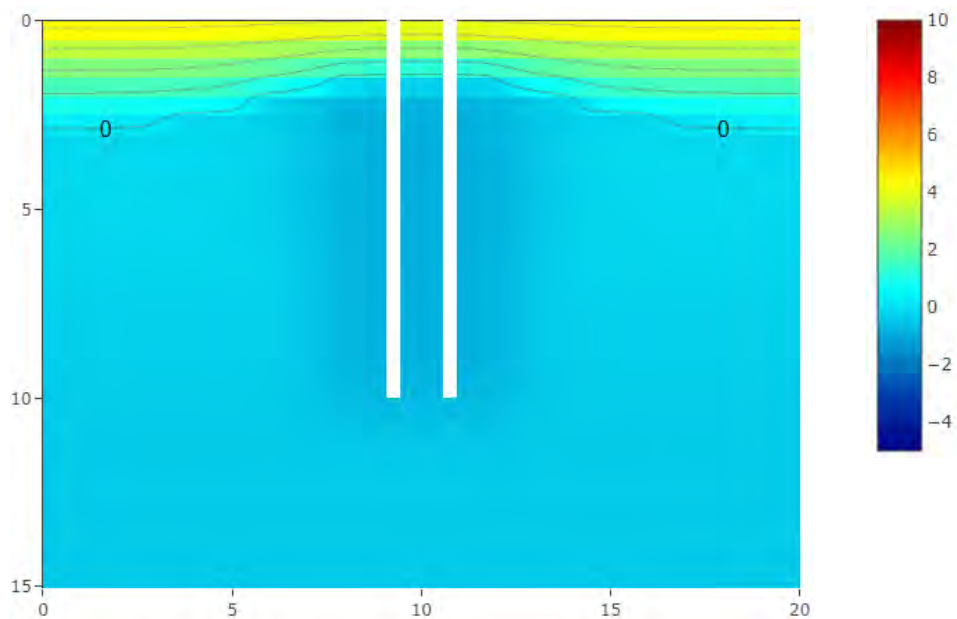


Рисунок 5.16 – Распределение температуры по глубине грунтового разреза через 5 лет (октябрь) по схеме 2 (2 ТСГ).

Таблица 5.3. Распределение температуры по глубине грунтового разреза (°C) на октябрь.

Глубина, м	Начальная температура грунта	Через 5 лет у сваи
1,0	2,6	1,2
2,0	1,1	-0,8
3,0	0,2	-1,0
4,0	-0,1	-1,0
5,0	-0,2	-1,0
6,0	-0,2	-1,0
7,0	-0,3	-1,0
8,0	-0,3	-0,9
9,0	-0,3	-0,9
10,0	-0,3	-0,7
11,0	-0,3	-0,5
12,0	-0,3	-0,4
13,0	-0,3	-0,4
14,0	-0,4	-0,4
15,0	-0,4	-0,4
16,0	-0,4	-0,4
17,0	-0,4	-0,4
18,0	-0,4	-0,4
19,0	-0,4	-0,4
20,0	-0,4	-0,4

Из рассмотрения результатов теплотехнического расчета с применением 2 термостабилизаторов видно, что вокруг свай происходит понижение температуры грунтов и сокращение глубины сезонного промерзания-оттаивания (с 3,8 до 1,6 м).

Выполним оценку касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания.

Используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{fn} = 94 \text{ кПа или } 9,58 \text{ тс/м}^2;$$

$$A_{fn} = 2 * 3,14 * (0,325/2) * 1,6 = 1,63 \text{ м}^2;$$

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{af} = 0,7$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_c = 1,0;$$

$$\gamma_n = 1,1;$$

$$R_{af,1} = 110 \text{ кПа или } 11,21 \text{ тс/м}^2 \text{ (для песка при температуре минус } 0,8^\circ\text{C)};$$

$$R_{af,2} = 130 \text{ кПа или } 13,25 \text{ тс/м}^2 \text{ (для песка при температуре минус } 1,0^\circ\text{C)};$$

$$R_{af,3} = 100 \text{ кПа или } 10,2 \text{ тс/м}^2 \text{ (для суглинка при температуре минус } 1,0^\circ\text{C)};$$

$$R_{af,4} = 92 \text{ кПа или } 9,38 \text{ тс/м}^2 \text{ (для суглинка при температуре минус } 0,9^\circ\text{C)};$$



$$F_r = 2 * 3,14 * (0,325/2) * (11,21 * 0,4 + 13,25 * 4 + 10,2 * 2 + 9,38 * 2) = 98,65 \text{ тс.}$$

Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$9,58 * 0,7 * 1,63 - 6,57 + 6,8 = 11,2 \text{ тс.}$$

Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1) * 98,65 = 89,7 \text{ тс.}$$

**11,2 тс < 89,7 тс условие выполняется, противодействие силам морозного пучения обеспечено.**

**Вариант 5** расчета выполнялся для базовой длины свай фундамента в грунте (10 м) с устройством в слое сезонного промерзания-оттаивания (4,8 м) противопучинной оболочки ОСТП "Reline" производства ЗАО УЗПТ «Маяк». Расположение свай фундамента в грунте для Варианта 5 расчета приведено на рисунке 5.15.

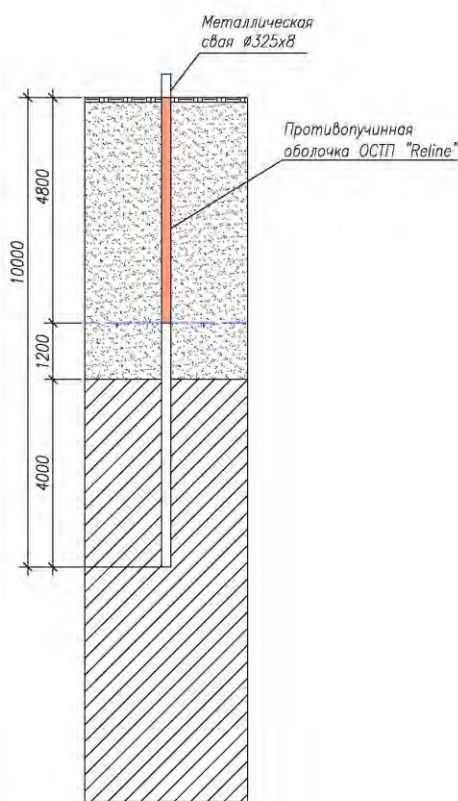


Рисунок 5.15 – Расположение свай фундамента длиной 10 м в грунте с применением противопучинной оболочки ОСТП "Reline" (для Варианта 5 расчета).

Для расчета по **Варианту 5** используем формулы (7) и (8):

$$\tau_{fn} = 70 \text{ кПа или } 7,14 \text{ тс/м}^2;$$

$$A_{fn} = 2 * 3,14 * (0,325/2) * 4,8 = 4,9 \text{ м}^2;$$

$$F = 7,3 * 0,9 = 6,57 \text{ тс};$$

$$\gamma_{af} = 0,42$$

$$N = 6,8 \text{ тс};$$

$$\gamma_c = 1,0;$$

$$\gamma_n = 1,1;$$

$R_{af,1} = 20 \text{ кПа}$  или  $2,04 \text{ тс/м}^2$  (для песка при температуре минус  $0,1^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$R_{af,2} = 32 \text{ кПа}$  или  $3,26 \text{ тс/м}^2$  (для суглинка при температуре минус  $0,2^\circ\text{C}$ , назначалось по результатам натурных испытаний);

$$R_{af,3} = 40 \text{ кПа} \text{ или } 4,08 \text{ тс/м}^2 \text{ (для суглинка при температуре минус } 0,3^\circ\text{C}).$$

$$F_r = 2 * 3,14 * (0,325/2) * (2,04 * 1,2 + 3,26 * 2,0 + 4,08 * 2,0) = 17,48 \text{ тс}.$$

Таким образом, расчетная сила морозного пучения, действующая на сваю с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$7,14 * 0,42 * 4,9 - 6,57 + 6,8 = 14,9 \text{ тс}.$$

Расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания с учетом всех поправочных коэффициентов, составляет:

$$(1,0/1,1) * 17,48 = 15,9 \text{ тс}.$$

$14,9 < 15,9 \text{ тс}$  **условие выполняется**, противодействие силам морозного пучения обеспечено.

## 6. Сравнение стоимости технических решений.

Результаты выполненных сравнительных расчетов приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 Сравнение результатов расчетов.

№п/п	Длина свай фундамента в грунте, м	Техническое решение по противодействию касательным силам морозного пучения	Расчетная касательная сила морозного пучения, тс	Расчетная сила, удерживающая фундамент от выпучивания, тс	Противодействие касательным силам морозного пучения
1	10	-	24,7	15,9	не обеспечено
2	13	Увеличение длины свай в грунте на 3 м (10+3)	24,7	27,2	обеспечено
3	10	Устройство 1 ТСГ	20,8	20,7	не обеспечено
4	10	Устройство 2 ТСГ	11,2	89,7	обеспечено
5	10	Противопучинная оболочка ОСПТ «Reline»	14,9	15,9	обеспечено

Из рассмотрения таблицы 6.1 видно, что для противодействия касательным силам морозного пучения, действующим на фундамент опоры ВЛ возможно применить 3 технических решения:

- 1) Удлинение свай фундамента с 10 до 13 м;
- 2) Установку термостабилизаторов грунта в количестве 2 шт;
- 3) Устройство противопучинной оболочки ОСПТ «Reline».

На основании локальных сметных расчетов была оценена стоимость подготовки свай, а также буровых и монтажных работ по устройству фундаментов опоры ВЛ и термостабилизации грунтов (Приложения 2-4). Результаты стоимостного сравнения приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 Сравнение стоимости реализации технических решений.

№п/п	Длина свай фундамента в грунте, м	Техническое решение по противодействию касательным силам морозного пучения	Количество свай под опору ВЛ, шт.	Общая стоимость СМР на свайное основание объекта, тыс.руб. (с НДС)
1	13	Увеличение длины свай в грунте на 3 м (10+3)	4	386,269
2	10	Устройство 2 ТСГ	4	378,281
3	10	Противопучинная оболочка ОСПТ «Reline»	4	325,628

Результаты проведенных сметных расчетов показывают, что наиболее экономически выгодным решением является применение свай с противопучинным покрытием ОСПТ «Reline».

## Закключение

По результатам выполненного технико-экономического обоснования можно сделать следующие выводы:

1) В качестве объекта исследования была выбрана одна из опор воздушной линии электропередачи 110 кВ (ПС35/110ПУ-1.110ТМ), расположенной в пределах Южно-Русского нефтегазоконденсатного месторождения в Ямало-Ненецком автономном округе.

2) Фундамент опоры свайный. Сваи металлические в количестве 4 шт., Ø325x8 мм длиной 10 м в грунте. Вдавливающая нагрузка на одну сваю составляет 7,3 тс, выдергивающая нагрузка 6,8 тс. Уровень ответственности сооружения – II (нормальный).

3) Для выполнения теплотехнических и деформационных расчетов был выбран один из типичных инженерно-геокриологических разрезов, распространенный на рассматриваемой территории. С поверхности грунты перекрыты маломощным почвенно-растительным слоем (0,1 м). Ниже, до глубины 6,0 залегает песок мёрзлый, пылеватый, средней плотности, слабольдистый, при оттаивании насыщенный водой, ниже суглинок твердомерзлый, слабольдистый слоистой криотекстуры. Температура грунтов на глубине 10 м составляет минус 0,3 °С.

4) Теплотехнические расчеты выполнялись в программе «Permafrost 3D» разработанной ООО «ПермафростИнжиниринг» (сертификат соответствия РСН 67-87 и СП.25.13330.2012 № RA.RU.АБ86.Н01171 (0351069) позволяющей выполнять прогноз изменения температурного режима грунтов основания зданий и сооружений в трехмерном пространстве с учетом влияния как природных, так и техногенных факторов.

5) Расчеты воздействия на фундамент касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания, выполнялись по методике, приведенной в СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах» (с изменениями 1, 2, 3).

6) Было выполнено 5 вариантов расчетов касательных сил морозного пучения и сил, удерживающих фундамент от выпучивания:

- **Вариант 1.** Расчет для измеренной в результате инженерных изысканий (начальной) температуры грунта и глубины промерзания-оттаивания, без применения противопучинных мероприятий.

- **Вариант 2.** Расчет для прогнозной температуры грунта и глубины промерзания-оттаивания при увеличении снегонакопления вокруг опоры ВЛ без применения противопучинных мероприятий.

- **Вариант 3.** Расчет при условии увеличения глубины заложения фундамента, как мероприятия по противодействию касательным силам морозного пучения.

- **Вариант 4.** Расчет при применении термостабилизаторов грунта, как мероприятия по противодействию касательным силам морозного пучения.

- **Вариант 5.** Расчет при применении противопучинной оболочки ОСПТ «Reline» производства ЗАО УЗПТ «Маяк», как мероприятия по противодействию касательным силам морозного пучения.

7) Результаты расчетов по **Варианту 1 и 2** показали, что для рассматриваемого объекта, при базовой длине свай (10 м в грунте) существует недостаток сил, удерживающих фундамент от выпучивания в условиях повышенного снегонакопления вокруг опоры, которое неизбежно в процессе ее эксплуатации (см. табл. 6.1).

8) Результаты расчета по **Вариантам 3, 4 и 5** показали, что обеспечить противодействие силам морозного пучения возможно:

- увеличив длину свай в грунте с 10 до 13 м;
- установив термостабилизаторы грунта в количестве 2 шт;
- применив для свай противопучинную оболочку ОСПТ «Reline» в слое сезонного промерзания-оттаивания (4,8 м).

9) Выполненные стоимостные оценки устройства фундамента опоры ВЛ с различными противопучинными мероприятиями показали, что стоимость обустройства фундамента при увеличении длины свай опоры с 10 до 13 составляет **386,269 тыс. рублей**, с устройством термостабилизаторов грунта – **378,281 тыс. рублей**, с применением противопучинного покрытия ОСПТ «Reline» – **325,628 тыс. рублей**.

10) По результатам технических и экономических расчетов можно сделать вывод, что наиболее выгодным решением для рассмотренного объекта является применение свай с противопучинным покрытием ОСПТ «Reline».

## **Перечень нормативной и технической документации.**

Федеральный закон РФ от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Постановление Правительства РФ № 87 от 16.02.2008 г «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».

ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация».

ГОСТ Р 21.1101-2013. «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации».

СП 22.13330.2011 «Оснований зданий и сооружений».

СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты».

СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» (с изм. 1, 2, 3).

СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96».

СП 131.13330.2012 «Строительная климатология Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*».

РСН 67-87 «Инженерные изыскания для строительства, составление прогноза изменений температурного режима вечномерзлых грунтов численными методами».

СТО 36554501-054-2017 «Проектирование и устройство свайных фундаментов с противопучинной оболочкой ОСПТ «Reline», НИЦ «Строительство», Москва, 2017г.





ТУ 2247-004-75457705-2014 Оболочка для свай противопучинная термоусаживаемая «RELINЕ».

Рекомендации по уменьшению касательных сил морозного выпучивания фундаментов с применением пластичных смазок (2-е издание), НИИОПС имени Н.М.Герсеванова, Госстрой СССР.

Рекомендации по применению противопучинных устройств для металлических завинчиваемых фундаментов опор контактной сети на вечномерзлых грунтах, ООО «Транс ИГЭМ», 2004 г.



# Приложение 1. Сертификат соответствия программы Permafrost 3D.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ	
	<b>СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ</b>
№ RA.RU.AB86.H01171	Срок действия с 11.06.2019 по 10.06.2022 № 0351074
ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ RA.RU.11AB86	
ООО ЦСПС. Орган по сертификации программной продукции в строительстве 125057 г. Москва, Ленинградский проспект, дом 63, тел. (499) 157-1990	
ПРОДУКЦИЯ для прогнозирования температурного и фазового состояния многолетнемёрзлых грунтов	код ОК 58.29.29.000
<i>обеспечение программное прикладное прочее на электронном носителе, серийный выпуск</i>	
СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ГОСТ Р ИСО 9127-94, разд.6, пп.6.1.1, 6.3.1, 6.5.1, 6.5.3; ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000, разд.3, пп.3.1.1, 3.1.3, 3.2.1 – 3.2.5; ГОСТ Р ИСО 9126-93, разд.4, пп.4.1 - 4.4; ГОСТ 28195-89, разд.2, п.2.1 (пп.1.1, 1.2, 2.1 - 2.3, 3.1 - 3.3, 6.1, 6.2; ГОСТ 28806-90, разд.2, пп.13 – 16	
код ТН ВЭД	
ИЗГОТОВИТЕЛЬ "ПермафростИнжиниринг", ИНН 7604234364, Россия, 150001, г. Ярославль, Коровницкий пер., д. 18, оф. 31, тел. +7 (910) 968-42-40, +7 (980) 741-43-39	
СЕРТИФИКАТ ВЫДАН "ПермафростИнжиниринг", Россия, 150001, г. Ярославль, Коровницкий пер., д. 18, оф. 31, тел. +7 (910) 968-42-40, +7 (980) 741-43-39	
НА ОСНОВАНИИ	
Заключения ООО ЦСПС № 01-29-19 от 10 июня 2019 г. на 4-х страницах.	
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	Схема сертификации 3
	Руководитель органа Эксперт
	 подпись  подпись
	С.Д.Ратнер инициалы, фамилия Т.Н.Бубнова инициалы, фамилия
Сертификат не применяется при обязательной сертификации	

## Приложение 2. Локальные сметные расчеты.

Гранд-СМЕТА

СОГЛАСОВАНО:

 Рогожникова Е.Р.  
30.12.2016 №1039/пр 2019 г.



Алявдин Д.В.  
30.12.2016 №1039/пр 2019 г.

ЯНАО, Южно-Русское НГКМ  
(наименование стройки)

### ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 1 (локальная смета)

на Металлические сваи L=13м с покрытием Армколот, Опора ВЛ 110кВ

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: техническое задание

Сметная стоимость строительных работ \_\_\_\_\_ 386,269 тыс. руб.

Средства на оплату труда \_\_\_\_\_ 0,673 тыс. руб.

Сметная трудоемкость \_\_\_\_\_ 48,56 чел.час

Трудозатраты механизаторов \_\_\_\_\_ 16,31 чел.час

Составлен(а) в ценах по состоянию на 01.01.2000г. (ФЕР-2017 с изм. 1-5)

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	в т.ч. оплаты труда	всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Раздел 1. Металлические сваи (4 шт.)</b>											
1	ФЕР05-01-106-01 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Бурение скважин диаметром до 600 мм глубиной до 20 м шнековым способом в грунтах 4 группы (100 м) НР (469 руб.); 130% от ФОТ (361 руб.); СП (289 руб.); 80% от ФОТ (361 руб.)	0,52 (4*13)/100	20823,59 333,18	20490,41 361,58	10828	173	10655 188	39,06	20,31	
2	ФЕР13-03-002-04 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Отрубка металлических поверхностей за один раз: грунтовкой ГФ-021 (100 м2) НР (27 руб.); 90% от ФОТ (30 руб.); СП (21 руб.); 70% от ФОТ (30 руб.)	0,53086 (4*2*3,14*0,1625*13)/100	268,49 56,55	9,22 0,22	142	30	5	5,31	2,82	



Гранд-СМЕТА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	ФЕР13-03-002-04 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр примен. к=2	Огрунтовка металлических поверхностей за один раз. грунтовой ФФ-021 (100 м2) НР (54 руб.) 90% от ФФТ (60 руб.) СП (42 руб.) 70% от ФФТ (60 руб.)	0,53066 (4*2*3,14*0,1625*13)/100	162,1 113,1	18,44 0,44	86	60	10	10,62	5,64
4	ФССЦ-14.4.01.07-0002 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Грунт-эмаль по металлу, марка "Армокот F100" (ТУ 2312-009- 23354769-2008) - расход 0,28 кг/м2 на 1 слой (кг)	29,71696 2*0,28*53,066	70,91		2107				
5	ФЕР05-01-095-10 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Установка в сважины в мерзлых и вечномерзлых грунтах: стальных свай объемом до 1,25 м3 (м3) 149,15 = 708,67 - 0,8 x 600,00 - 0,015 x 5 301,30 НР (289 руб.), 130% от ФФТ (222 руб.) СП (178 руб.), 87% от ФФТ (222 руб.)	4,311613 4*3,14*(0,325/2)^2*13	149,15 42,64	96,43 8,73	643	184	416 38	4,59	19,79
6	Цена поставщика	Трубы стальные электросварные прямошовные (ГОСТ 10704-91) из стали марки 09Г2С наружный диаметр: 325 мм, толщина стенки 8 мм 43200/1,2/10,55*1,02*1,03 (т)	3,38	3584,99		12117				
7	ФССЦ-04.3.01.05-0001 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Раствор грунтовой (шлам) (м3)	2,22	254		564				
8	ФССЦ-04.1.02.05-0006 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Бетон тяжелый, класс: В15 (М200) (м3)	-4,48	592,76		2656				
Итого прямые затраты по разделу в базисных ценах										
Накладные расходы										
Сметная прибыль										
Итого по разделу 1 Металлические сваи (4 шт.) :										
Свайные работы										
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии										
Материалы										
Итого										
Письмо Минстроя России №46999-ДВ/09 от 09.12.19 "Прочие объекты" 30 511 * 10,55										
Справочно, в базисных ценах:										
Материалы										
Машины и механизмы										
ФФТ										
Накладные расходы										
Сметная прибыль										
Итого по разделу 1 Металлические сваи (4 шт.)										
ИТОГО ПО СМЕТЕ:										
Итого прямые затраты по смете в базисных ценах										
							447	11086 226		48,56

Гранд-СМЕТА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Накладные расходы						839				11
Сметная прибыль						529				
<b>Итого по смете:</b>										
Свайные работы						12695				40.1
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии						372				8.46
Материалы						17444				
Итого						30511				48.56
Письмо Минстроя России №46999-ДВ/09 от 09.12.19 "Прочие объекты" 30 511 * 10,55						321891				
Справочно, в базисных ценах:										
Материалы						17610				
Машины и механизмы						11086				
ФОТ						673				
Накладные расходы						839				
Сметная прибыль						529				
НДС 20%						64378				
<b>ВСЕГО по смете</b>						<b>386269</b>				<b>48,56</b>

Составил: техник-сметчик  (Рыженко Т.Ю.)  
(должность, подпись, расшифровка)

Проверил: исполнительный директор  (Рогожникова Е.Р.)  
(должность, подпись, расшифровка)

Гранд-СМЕТА

СОГЛАСОВАНО:

*Е.Р. Рогожникова*  
Рогожникова Е.Р.  
27.09.2019 г.



ЯНАО, Южно-Русское НКМ  
(наименование стройки)

Алявдин Д.В.  
2019г.

**ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 2**  
(локальная смета)

на Металлические сваи L=10м с покрытием Армокот F100, эпоксидным праймером и ОСПТ «Reline», Опора ВЛ 110кВ  
(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: техническое задание  
Сметная стоимость строительных работ 325,628 тыс. руб.  
Средства на оплату труда 0,525 тыс. руб.  
Сметная трудоемкость 37,45 чел. час  
Трудозатраты механизаторов 13,26 чел. час  
Составлен(а) в ценах по состоянию на 01.01.2000г. (ФЕР-2017 с изм. 1-5)

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Раздел 1. Металлические сваи (4 шт.)</b>										
1	ФЕР05-01-105-01 (Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр)	Бурение скважин диаметром до 600 мм глубиной до 10 м шнековым способом в грунтах 4 группы НР (312 руб.) 130% от ФОТ (240 руб.) СП (192 руб.) 80% от ФОТ (240 руб.) (100 м)	0,4 (10*4) / 100	19113,36 267,24	18846,12 332,57	7645	107	7538 133	31,33	12,53
2	ФЕР13-03-002-04 (Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр)	Огрунтовка металлических поверхностей за один раз грунтовой ГФ-021 (100 м2) НР (11 руб.) 90% от ФОТ (12 руб.) СП (8 руб.) 70% от ФОТ (12 руб.)	0,212264 (4*2*3,14*0,1625*5,2) / 100	268,49 56,55	9,22 0,22	57	12	2	5,31	1,13




Гранд-СМЕТА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	ФЕР13-03-002-04 Приказ Министра России от 30.12.2016 №1039/пр примен., к=2	Отрутовка металлических поверхностей за один раз: грунтовой ГФ-021 (100 м2) 81,05 = 268,49 - 0,012 x 15 620,00 НР (22 руб.), 90% от ФОТ (24 руб.); СП (177 руб.), 80% от ФОТ (24 руб.);	0,212264 (4*2*3 14*0,1625*5,2) / 100	162,1 113,1	18,44 0,44	34	24	4	10,62	2,25
4	ФССЦ-14.4.01.07-0002 Приказ Министра России от 30.12.2016 №1039/пр	Грунт-эмаль по металлу, марка "Армокоат F-100" (ТУ 2312-009- 23354769-2008) - расход 0,28 кг/м2 на 1 слой (кг)	1,1886784 2*0,28*21,2264	70,91	843					
5	ФЕР25-07-022-02 Приказ Министра России от 30.12.2016 №1039/пр примен.	Изоляция полимерной термосаживаемой оболочкой с нанесением эпоксидного праймера (стык) НР (34 руб.), 120% от ФОТ (28 руб.) СП (177 руб.), 80% от ФОТ (28 руб.)	4	31,72 4,63	23,82 2,16	127	19	95 9	0,51	2,04
6	Цена поставщика	ОСПТ «Reline» цена=2100/1,2/10,55*1,02*1,03 (м)	19,2 4*4,8	174,27	3346					
7	ФЕР05-01-095-09 Приказ Министра России от 30.12.2016 №1039/пр	Установка в скважины в мерзлых и вечномерзлых грунтах: стальных свай объемом до 0,85 м3 (м3) 201,14 = 771,26 - 0,8 x 600,00 - 0,017 x 5 301,30 НР (287 руб.), 130% от ФОТ (221 руб.) СП (177 руб.), 80% от ФОТ (221 руб.)	3,316625 4*3,14*(0,325/2)*2*10	201,14 54,63	133,88 12,19	667	181	444 40	5,88	19,5
8	Цена поставщика	Трубы стальные электросварные прямошовные (ГОСТ 10704-91) из стали марки 09Г2С наружный диаметр: 325 мм, толщина стенки 8 мм 43200/1,2/10,55*1,02*1,03 (т)	2,63	3584,99	9429					
9	ФССЦ-04.3.01.05-0001 Приказ Министра России от 30.12.2016 №1039/пр	Раствор грунтовоый (шлам) (м3)	1,71	254	434					
10	ФССЦ-04.1.02.05-0006 Приказ Министра России от 30.12.2016 №1039/пр	Бетон тяжелый, класс: В15 (М200) (м3)	3,48	592,76	2063					
Итого прямые затраты по разделу в базисных ценах										
Накладные расходы										
Сметная прибыль										
Итого по разделу 1 Металлические сваи (4 шт.):										
Свайные работы										
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии										
Материалы										
Магистральные и промышленные трубопроводы										
Итого										
Письмо Министра России №46999-ДВ/09 от 09.12.19 ЯНАО "Прочие объекты" 25 721 * 10,55										
Справочно, в базисных ценах:										

Гранд-СМЕТА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Материалы						16219				
Машины и механизмы						8083				
ФОТ						525				
Накладные расходы						665				
Сметная прибыль						411				
<b>Итого по разделу 1 Металлические сваи (4 шт.)</b>						<b>271357</b>				<b>37,45</b>
<b>ИТОГИ ПО СМЕТЕ:</b>										
Итого прямые затраты по смете в базисных ценах						24645	343	8083		37,45
Накладные расходы						665		182		
Сметная прибыль						411				
<b>Итого по смете:</b>										
Свайные работы						9280				32,03
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии						148				3,38
Материалы						16115				
Магистральные и промышленные трубопроводы						178				2,04
Итого						25721				37,45
Письмо Министра России №46999-ДВ/09 от 09.12.19 ЯНАО "Прочие объекты" 25 721 * 10,55						271357				
Справочно, в базисных ценах:										
Материалы						16219				
Машины и механизмы						8083				
ФОТ						525				
Накладные расходы						665				
Сметная прибыль						411				
НДС 20%						54271				
<b>ВСЕГО по смете</b>						<b>325628</b>				<b>37,45</b>

Составил: техник-сметчик  (Рыженко Т.Ю.)  
(должность, подпись, расшифровка)

Проверил: исполнительный директор  (Рогожникова Е.Р.)  
(должность, подпись, расшифровка)

Гранд-СМЕТА

СОГЛАСОВАНО:

Рогожникова Е. Р.  
30.12.2016 № 1039/пр  
2019 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Алявдин Д. В.  
30.12.2016 № 1039/пр  
2019 г.

ЯНАО, Южно-Русское НГКМ  
(наименование стройки)

**ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № 3**  
(локальная смета)

на Металлические сваи L=10м с покрытием Армокот и применением термостабилизаторов, Опора ВЛ 110кВ  
(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: техническое задание  
Сметная стоимость 378,281 тыс. руб.  
строительных работ 309,126 тыс. руб.  
монтажных работ 6,108 тыс. руб.  
Средства на оплату труда 0,855 тыс. руб.  
Сметная трудоемкость 65,15 чел. час  
Трудозатраты механизаторов 18,08 чел. час  
Составлен(а) в ценах по состоянию на 01.01.2000г. (ФЕР-2017 с изм. 1-5)

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатация машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Раздел 1. Металлические сваи (4 шт.)</b>										
1	ФЕР05-01-105-01 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 № 1039/пр	Бурение скважин диаметром до 600 мм глубиной до 10 м шнековым способом в грунтах 4 группы (100 М) НР (312 руб.), 130% от ФОТ (240 руб.) СП.Г.192 руб.х.80% от ФОТ.Г.240 руб.х.1	0,4 (10'-4) / 100	19113,36 267,24	18846,12 332,57	7645	107	7538 133	31,33	12,53



Гранд-СМЕТА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	<b>ФЕР13-03-002-04</b> Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Огрунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовой ФФ-021 (100 м2) НР (21 руб.) 90% от ФФТ (23 руб.) СПЛ15 руб./л. 70% от ФФТ (23 руб.)	0,4082 (4*2*3,14*0,1625*10)/100	268,49 56,55	9,22 0,22	110	23	4	5,31	2,17
3	<b>ФЕР13-03-002-04</b> Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр примен. к=2	Огрунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовой ФФ-021 (100 м2) НР (41 руб.) 90% от ФФТ (46 руб.) СПЛ32 руб./л. 70% от ФФТ (46 руб.)	0,4082 (4*2*3,14*0,1625*10)/100	162,1 113,1	18,44 0,44	66	46	8	10,62	4,34
4	<b>ФССЦ-14.4.01.07-0002</b> Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Грунт-эмаль по металлу, марка "Армокоп F100" (ТУ 2312-009-2335-4769-2008) - расход 0,28 кг/м2 на 1 слой (м2)	22,8592 2*0,28*40,82	70,91		1621				
5	<b>ФЕР05-01-095-09</b> Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Установка в скважины в мерзлых и вечномерзлых грунтах: стальных свай объемом до 0,85 м3 (м3) 201,14 = 771,26 - 0,6 * 600,00 - 0,017 * 5 301,30 НР (287 руб.) 130% от ФФТ (221 руб.) СПЛ177 руб./л. 80% от ФФТ (221 руб.)	3,316625 4*3,14*0,325*2/2*10	201,14 54,63	133,88 12,19	667	181	444 40	5,88	19,5
6	<b>Цена поставщика</b>	Трубы стальные электросварные прямшовные (ГОСТ 10704-91) из стали марки 09Г2С наружный диаметр: 325 мм, толщина стенки 8 мм 43200/1,2/10,55*1,02*1,03 (т)	2,63	3584,99		9429				
7	<b>ФССЦ-04.3.01.05-0001</b> Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Раствор грунтовый (шлам) (м3)	1,71	254		434				
8	<b>ФССЦ-04.1.02.05-0006</b> Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Бетон тяжелый, класс: В15 (М200) (м3)	3,48	592,76		2063				
Итого прямые затраты по разделу в базисных ценах										
Накладные расходы										
Сметная прибыль										
<b>Итого по разделу 1 Металлические сваи (4 шт.):</b>										
Свайные работы										
Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии										
Материалы										
Итого										
Письмо Минстроя России №46999-ДВ/09 от 09.12.19 ЯНАО "Прочие объекты" 23 113 * 10,55										
Справочно, в базисных ценах:										
Материалы										
Машины и механизмы										
ФФТ										
Накладные расходы										
661										
417										
9280										
286										
13547										
23113										
243842										
357										
7994										
173										
32,03										
6,51										
38,54										
13684										
7994										
530										
661										

Гранд-СМЕТА


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Сметная прибыль											
Итого по разделу 1 Металлические сваи (4 шт.)							417				
Раздел 2. Термостабилизаторы (2 шт.)							243842			38,54	
9	ФЕР05-01-105-01 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Бурение скважин диаметром до 600 мм глубиной до 10 м шнековым способом в грунтах 4 группы (100 м) НР (156 руб.), 130% от ФОТ (120 руб.) СП (96 руб.), 80% от ФОТ (120 руб.)	0,2 (2*10) / 100	19113,36 267,24	18846,12 332,57	3823	53	3770 67	31,33	6,27	
10	ФЕРм12-02-006-08 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр примен.	Трубопровод из стальных труб с фланцами и сварными стыками на номинальное давление не более 2,5 МПа из готовых узлов в каналах и траншеях, диаметр труб наружный 89 мм (100 м) НР (162 руб.), 80% от ФОТ (203 руб.) СП (122 руб.), 50% от ФОТ (203 руб.)	0,24 (2*12) / 100	1227,96 807,12	383 38,25	295	194	92 9	83,9	20,14	
11	Цена поставщика	Термостабилизатор длина 12м 13200/1,2/10,55 (шт.)	2	1042,65		2085					
12	ФЕР05-01-063-01 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Заполнение раствором пустот между стенкой скважины и телом сваи (м3) НР (3 руб.), 130% от ФОТ (2 руб.) СП (2 руб.), 80% от ФОТ (2 руб.)	0,1	58,45 16,92	41,53 4,43	6	2	4	2	0,2	
13	ФССЦ-04.3.01.04-0001 Приказ Минстроя России от 30.12.2016 №1039/пр	Раствор глинистый (м3)	0,1	176		18					
Итого прямые затраты по разделу в базисных ценах											
Накладные расходы											
Сметная прибыль											
Итого по разделу 2 Термостабилизаторы (2 шт.) :							6227	249	3866		26,61
Итого Строительные работы											
Итого Монтажные работы											
Итого											
Справочно, в базисных ценах:											
Материалы											
Машины и механизмы											
ФОТ											
Накладные расходы											
Сметная прибыль											
Итого по разделу 2 Термостабилизаторы (2 шт.)							71402				26,61
ИТОГО ПО СМЕТЕ:											
Итого прямые затраты по смете в базисных ценах							28262	606	11860		65,15
Накладные расходы											
Сметная прибыль							982		249		
Итого по смете:							636				



Гранд-СМЕТА

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Итого Строительные работы						309126				45,01
Итого Монтажные работы						6108				20,14
Итого						315234				65,15
Справочно, в базисных ценах:										
Материалы						15796				
Машины и механизмы						11860				
ФОТ						855				
Накладные расходы						982				
Сметная прибыль						636				
НДС 20%						63047				
<b>ВСЕГО по смете</b>						<b>378281</b>				<b>65,15</b>

Составил: техник-сметчик  (Рыженко Т.Ю.)  
(должность, подпись, расшифровка)

Проверил: исполнительный директор  (Рогожникова Е.Р.)  
(должность, подпись, расшифровка)