МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Всесоюзный научно-исследовательский институт
по строительству магистральных трубопроводов

·ВНИИСТ·

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ЗАКРЕПЛЕНИЮ ТРУБОПРОВОДОВ ВМОРАЖИВАЕМЫМИ СТЕРЖНЕВЫМИ АНКЕРАМИ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

(для опытно-промышленных участков)

Р 621-87

Москва 1987

УДК 621.643.002.2:023.943

Настоящие Рекомендации разработаны на основании экспериментальных исследований и опытно-промышленного применения вмораживаемых стержневых анкеров в строительстве магистральных трубопроводов на вечномерзлых грунтах.

В Рекомендациях содержатся данные по конструкции вмораживаемых стержневых анкерных устройств, области их применения, технологии монтажа и требования безопасности производства строительно-монтажных работ. Приведена методика расчета несущей способности вмораживаемых стержневых анкерных устройств.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников, занятых проектированием и строительством трубопроводов в районах распространения вечномерзлых грунтов.

Рекомендации разработали: В.Е.Поляков, Р.М.Хафизов, А.Б.Айнбиндер, Э.И.Дивер (ВНИИСТ); П.А.Бислобицкий, В.И.Лысенко, Н.Г.Шпет (Киевский филиал ВНИИПКтехоргнефтегазстроя); В.С.Сумароков, Н.Н.Желудков (ЮжНИИгипрогаз); И.Г.Дорошенко, С.П.Вельчев (Главсибтрубопроводстрой). (Под общей редакцией Р.М.Шакирова).

Рекомендации согласованы с ЮжНИИгипрогазом (директор Н.Г.Портянко).

© Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству магистральных трубопроводов (ВНИИСТ), 1987

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Рекомендации по закреплению трубопроводов вмораживаемыми стержневыми анкерами на вечномерзлых грунтах	Р 62I-87 Впервые

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование и строительство магистральных трубопроводов на вечномерзлых грунтах с использованием вмораживаемых стержневых анкеров. Рекомендации разработаны с учетом требований следующих нормативных документов:

СНиП 2.05.06-85 "Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования";

СНиП III-42-80 "Правила производства и приемки работ. Магистральные трубопроводы";

СНиП III-4-80 "Техника безопасности в строительстве";

СНиП 3.0I.0I-85 "Организация строительного производства";

СНиП II-I8-76 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах".

I.2. Вмораживаемые стержневые анкерные устройства должны обеспечивать надежное закрепление подземных трубопроводов, прокладываемых на вечномерзлых грунтах.

I.3. Область применения вмораживаемых стержневых анкеров определяется проектной организацией с учетом требований настоящих Рекомендаций, инженерно-геокриологических условий на трассе проектируемого трубопровода, теплового и механического взаимодействия трубопроводов с грунтами основания.

I.4. Вмораживаемые стержневые анкеры, попружаемые методом пароотаивания грунта, следует применять в твердомерзлых глинистых грунтах, мелких и пылеватых песках, содержащих крупно-

Внесены ВНИИСТом и КФ ВНИИПКтехоргнефтегазстроя	Утверждены ВНИИСТом и КФ ВНИИПКтехоргнефтегазстроя 10 июня I987 г.	Срок введения в действие I октября I987г.

обломочные включения не более 15% при средней температуре грунтов по глубине погружения анкера от минус $1,5^{0}$ и ниже; в грунтах с льдистостью менее 0,4; в грунтах со степенью заторфованности менее 0,25.

1.5. При установке в вечномерзлые грунты, обладающие при оттаивании - промерзании свойствами морозного пучения, анкерные устройства снабжают компенсаторами с целью снижения до безопасных пределов усилий на анкеры.

2. КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СТЕРЖНЕВОГО АНКЕРНОГО УСТРОЙСТВА

2.1. Стержневое анкерное устройство (рис.1) состоит из двух стержневых анкеров 1, двух компенсаторов 2, штанг 3, соединяющих каждый стержневой анкер с компенсаторами, силового пояса 4, футеровочного мата 5 и прокладки 6.

2.2. Стержневой анкер 1 представляет собой пруток из арматурной стали периодического профиля класса АШ с условным обозначением (например, А-Ш-28 ГОСТ 5781-82).

Вмораживанием прутка в вечномерзлый грунт основания обеспечивают несущую способность стержневого анкера по грунту $Ф_{анк}$.

2.3. При воздействии на трубопровод сил морозного пучения грунта компенсатор 2 ограничивает выдергивающую нагрузку на стержневой анкер усилием $P_к$, при котором срабатывает компенсатор.

Усилие срабатывания компенсатора $P_к$ остается постоянным при вертикальном перемещении трубопровода от сил морозного пучения грунта.

2.4. Силовой пояс 4 передает нагрузку от трубопровода через компенсаторы 2 на стержневые анкеры 1.

2.5. Футеровочный мат и прокладки устанавливают между силовым поясом и поверхностью трубопровода; они предназначены для защиты изоляции трубопровода от повреждения.

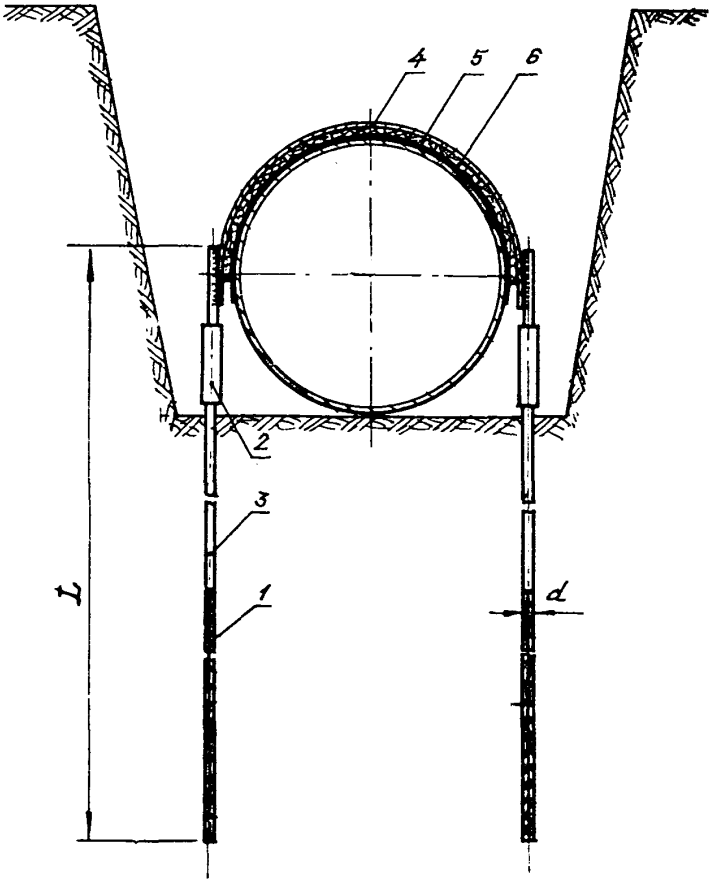

Рис.I. Стержневое анкерное устройство

2.6. Изоляция силового пояса, компенсаторов и штанг выполняется согласно ТУ I02-I64-20.

2.7. Основные параметры двух типов стержневых анкерных устройств приведены в табл.I.

Таблица I

Параметры	Значение параметров	
Номинальный диаметр стержневого анкера d, мм	28	32
Длина стержневого анкера L, мм	8500	8500
Удельная площадь поверхности сдвига анкера по грунту. F, $см^2/см$	9,6	I0,8
Масса анкера с компенсатором, кг	50	58
Масса анкерного устройства, кг	I40	I56
Предельная величина перемещения, допускаемого компенсатором $\Delta_к$, мм	300	300

2.8. Допускаются применение стержневых анкеров других диаметров, увеличение площади поверхности сдвига стержневого анкера по грунту путем приварки к нему прутков из арматурной стали периодического профиля, а также применение компенсирующих устройств других типов.

3. РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТЕРЖНЕВОГО АНКЕРНОГО УСТРОЙСТВА

3.I. Несущую способность анкерного устройства $Б_{анк}$ определяют по формуле

$$Б_{анк} = \Sigma m_{анк} \; P_{анк}, \qquad (I)$$

где

Z – число анкеров в одном анкерном устройстве ($Z = 2$);

$m_{анк}$ – коэффициент условий работы анкерного устройства, равный I,0 при $Z = 2$;

$P_{анк}$ – расчетная несущая способность анкера, определяемая согласно пп. 3.2; 3.5; 3.6; 3.9. настоящих Рекомендаций; за расчетное значение несущей способности анкера принимается наименьшее из двух полученных значений несущей способности.

3.2. Расчетную несущую способность анкера по грунту $P_{анк}$, не оборудованного компенсирующим устройством, определяют по формуле

$$P_{анк} = \frac{\Phi_{анк}}{k_н}, \qquad (2)$$

где

$\Phi_{анк}$ – несущая способность анкера, определяемая расчетом или по результатам полевых испытаний;

$k_н$ – коэффициент надежности анкера, равный I,4 (если несущая способность анкера определена расчетом) или I,25 (если несущая способность анкера определена по результатам полевых испытаний статической нагрузкой).

3.3. Несущую способность стержневого анкера по грунту $\Phi_{анк}$ рассчитывают по формуле

$$\Phi_{анк} = m \sum_{i=1}^{n} R_{см.i} F_{см.i}, \qquad (3)$$

m – коэффициент условий работы анкера по грунту основания, равный I,I;

n – число слоев вечномерзлого грунта, на которое в расчетной схеме разделяется основание;

i – номер слоя вечномерзлого грунта;

$R_{см.i}$ – расчетное сопротивление мерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания анкера для середины i-го слоя вечномерзлого грунта, определяемое по СНиП II-I8-76;

$F_{см.i}$ – площадь поверхности смерзания i-го слоя вечномерзлого грунта с боковой поверхностью анкера.

Пример расчета несущей способности анкера по грунту дан в приложении.

3.4. Изменение температуры по глубине заложения анкера определяют для состояния , при котором образуется наибольший ореол протаивания по методике, изложенной в "Руководстве по прогнозированию теплового взаимодействия трубопроводов с окружающей средой", Р 486 - 83 (М.,ВНИИСТ, 1984).

3.5. Несущую способность стержневого анкера $\Phi_{анк}$ по результатам полевых испытаний статической выдергивающей нагрузкой определяют в соответствии с СНиП II-I8-76 по формуле

$$\Phi_{анк} = кР, \qquad (4)$$

где

к - коэффициент, учитывающий различие в условиях работы опытного и проектируемого анкеров и определяемый по формуле

$$к = \frac{\Phi_{пр}}{\Phi_{оп}}, \qquad (5)$$

в которой $\Phi_{пр}$, $\Phi_{оп}$ - значения несущей способности соответственно проектируемого и опытного анкеров, определенные расчетом по формуле (3); для проектируемого анкера - при расчетной температуре, определенной согласно п.3.4 настоящих Рекомендаций, а для опытного анкера - при температуре, измеренной при испытаниях;

Р - расчетное сопротивление анкера статической выдергивающей нагрузке, определяемое по формуле

$$Р = \frac{Р^{н}}{к_{г}}, \qquad (6)$$

где

$к_{г}$ - коэффициент безопасности по грунту, равный I,I;

$Р^{н}$ - нормативное значение предельного длительного сопротивления анкера статической выдергивающей нагрузке, при которой выход анкера из грунта во времени затухает; определяется по ГОСТ 24546-8I;

$$Р^{н} = к_{кр} \quad Р_{и}, \qquad (7)$$

где

$P_{кр}$ - критическая нагрузка при испытаниях, определяемая как наибольшая нагрузка на стержневой анкер, при которой не начинает развиваться перемещение анкера с увеличивающейся скоростью;

$k_{кр}$ - коэффициент, учитывающий кратковременность испытаний анкера при строительстве ($k_{кр}$=0,65) или в комплексе проектно-изыскательских работ ($k_{кр}$=1).

3.6. Расчетную несущую способность анкера, оборудованного компенсатором $P_{анк.к}$, определяют по формуле

$$P_{анк.к} = \frac{P_к}{k_к}, \qquad (8)$$

где $k_к$ - коэффициент надежности компенсатора, равный 1,2.

3.7. Параметры стержневого анкера должны удовлетворять условиям:

$$P_к \leq \frac{\Phi_{анк}}{k_н}; \quad \Delta_к \geq \Delta_{пуч}, \qquad (9)$$

где

обозначения $\Phi_{анк}$, $k_н$ даются в формуле (2);

$\Delta_{пуч}$ - максимальное вертикальное перемещение трубопровода при пучении грунта.

3.8. Контроль несущей способности вмораживаемых стержневых анкеров осуществляют проверкой соответствия глубины их погружения в вечномерзлый грунт и несущих свойств компенсаторов проектным значениям.

3.9. Расчет несущей способности анкера по материалу анкера должен производиться в соответствии с требованиями глав СНиП II-23-81 "Стальные конструкции".

4. РАЗМЕЩЕНИЕ АНКЕРНЫХ УСТРОЙСТВ ВДОЛЬ ТРУБОПРОВОДА

4.1. Расстояние между осями анкерных устройств (пролет ℓ, м) вычисляют по формуле

$$\ell \leqslant \frac{Б_{анк}}{Б}, \qquad (10)$$

где

$Б_{анк}$ – обозначение см. в формуле (1);

Б – расчетное усилие на 1 м длины трубопровода определяют по СНиП 2.05.06-85.

4.2. При определении расстояний между осями анкерных устройств с компенсаторами необходимо дополнительно произвести проверку трубопровода на прочность и устойчивость положения с учетом сил морозного пучения грунта в соответствии с требованиями СНиП 2.05.06-85.

Дополнительные напряжения изгиба трубопровода от сил морозного пучения грунта следует определять согласно правилам строительной механики. Расчетные силы морозного пучения грунта $q_{м.п}$, приходящиеся на единицу длины трубопровода, закрепленного стержневыми анкерами, определяют по формуле

$$q_{м.п} = \frac{z k_к P_к}{\ell}, \qquad (11)$$

где

z – число анкеров в одном анкерном устройстве;

$P_к$, $k_к$ – обозначения см. в формуле (8).

4.3. Трубопровод, закрепленный стержневыми анкерными устройствами, проверяют на общую устойчивость в продольном направлении в соответствии с требованиями СНиП 2.05.06-85.

5. ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ТРУБОПРОВОДА СТЕРЖНЕВЫМИ АНКЕРНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

5.1. Закрепление трубопровода стержневыми анкерными устройствами выполняют непосредственно после укладки трубопровода на проектные отметки.

5.2. Погружение стержневых анкеров допускается производить до укладки трубопровода. При этом необходимо предусмотреть мероприятия, исключающие возможность повреждения изоляции трубопровода в процессе его укладки.

5.3. Перед установкой анкерных устройств производят подготовительные работы, которые включают:

доставку комплектов анкерных устройств на трассу;

отбраковку поврежденных при транспортировке комплектов;

приварку компенсаторов к стержневым анкерам, если по условиям заводской поставки компенсаторы не скреплены со стержневыми анкерами;

определение мест установки анкерных устройств;

проверку ширины дна траншеи в местах установки анкерных устройств (ширина траншеи по дну должна быть не менее диаметра трубопровода плюс 0,5 м согласно СНиП 2.05.06-85);

доставку комплектов анкерных устройств к месту производства работ.

5.4. Технология закрепления трубопровода анкерными устройствами включает:

протаивание скважин в вечномерзлом грунте с помощью паровой иглы и погружение в них стержневых анкеров (погружение производят одновременно с протаиванием скважины);

укладку на трубопровод футеровочного мата;

монтаж силового пояса с последующей приваркой его к стержневым анкерам;

изоляцию мест крепления битумом.

5.5. Работы по закреплению трубопровода стержневыми анкерными устройствами выполняет специализированная бригада в соответствии с требованиями проекта производства работ.

5.6. Состав бригады по закреплению трубопровода стержневыми анкерными устройствами:

машинист установки ВАГ-101	1
машинист установки ППУ-1200/100	2
машинист агрегата АСВ-1 (СДАУ)	1
электросварщик	2
монтажник	3
изолировщик	1
Итого	10 чел.

Техническое оснащение бригады приведено в табл.2.

Таблица 2

Машины и механизмы	Марка	Технологический процесс
Передвижная подъемная установка	ВАГ-101	Погружение в скважину паровой иглы и стержневого анкера
Передвижная паровая установка	ППУ-1200/100	Пароотаивание скважины
Передвижной сварочный агрегат	АСВ-1 или СДАУ	Сварка стержневых анкеров с компенсаторами. Сварка силовых поясов с стержневыми анкерами
Передвижной битумоплавильный котел	ИСТ-3Б	Изолировочные работы
Прицеп	-	Транспортировка анкерных устройств и силовых поясов

5.7. Последовательность технологических операций погружения стержневых анкеров:

к стреле установки ВАГ-101 подвешивают иглу и стержневой анкер и поднимают их в вертикальное положение. По мере погружения паровой иглы в вечномерзлый грунт давление пара поднимают до 1,5-2,0 МПа, температуру пара поддерживают в пределах 160-180°С. Паровую иглу со стержневым анкером погружают под собственным весом. На участках замедленного погружения паровую иглу периодически перемещают вверх-вниз;

после погружения на проектную глубину стержневой анкер отцепляют от стрелы;

не изменяя положения стрелы, к ней цепляют верхний конец другого стержневого анкера, который поднимают установкой ВАГ-101 в вертикальное положение одновременно с извлечением паровой иглы из скважины. При выходе из скважины подачу пара в паровую иглу прекращают;

паровую иглу и стержневой анкер скрепляют проволочным хомутом в нижней части и заводят к месту установки;

операцию погружения стержневого анкера повторяют:

установку ВАГ-101 с подвешенными на стреле паровой иглой и стержневым анкером, прицеп с анкерами и установку ПМУ-1200/100 перемещают вдоль трубопровода к месту установки очередного анкерного устройства. Во время перемещения паровую иглу и стержневой анкер следует удерживать от раскачивания.

5.8. Паропровод от паровой установки к паровой игле целесообразно выполнять из цельнотянутых стальных труб с паровыми подвижными соединениями, в которых в качестве уплотнения применяют манжеты из фторопласта-4.

5.9. Места соединения силового пояса со стержнями анкеров допускается изолировать антикоррозионной пластичной композицией (АПК), разработанной ВНИИСТом.

5.10. Несущую способность стержневой анкер приобретает после замерзания грунтового раствора и восстановления температуры в скважине. Продолжительность восстановления отрицательной температуры в скважине, образованной в вечномерзло-

грунте методом пароосттаивания, ориентировочно можно определить с помощью графика, приведенного на рис.2.

5.II. Нагружать стержневой анкер проектной нагрузкой разрешается после восстановления нарушенного пароосттаиванием температурного режима вечномерзлого грунта.

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

6.I. При производстве работ по закреплению трубопроводов стержневыми анкерными устройствами необходимо руководствоваться следующей документацией по технике безопасности:

СНиП Ш-4-80 "Техника безопасности в строительстве" (М., Стройиздат, I980);

Правилами техники безопасности при строительстве магистральных стальных трубопроводов (М., Недра, I982) и настоящими Рекомендациями.

6.2. При эксплуатации электроустановок следует руководствоваться "Правилами технической эксплуатации электроустановок и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок" (М., Энергоиздат, I987).

6.3. При пользовании грузоподъемными установками следует руководствоваться "Правилами устройства и безопасности эксплуатации грузоподъемных кранов" (М., Недра, I980).

6.4. К работе по закреплению трубопровода стержневыми анкерными устройствами допускаются рабочие в возрасте не моложе I8 лет, прошедшие обучение безопасным методам труда, получившие положительные оценки при проверке знаний и имеющие соответствующие удостоверения на право выполнения тех или иных работ.

6.5. К работе по монтажу стержневых анкерных устройств можно приступить только при наличии проекта производства работ.

6.6. Перед началом работ необходимо убедиться в исправности узлов соединения паропроводов и шлангов высокого давления.

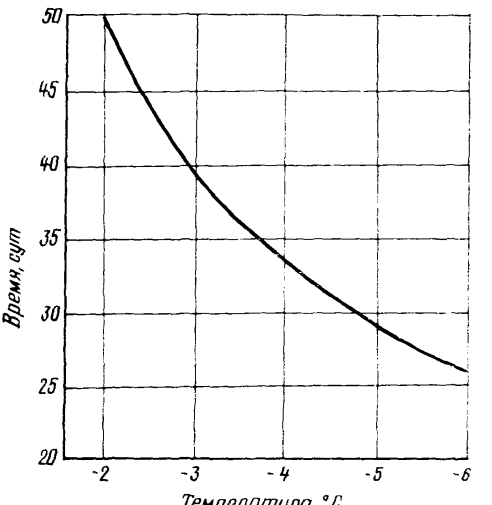

Рис.2. Продолжительность восстановления температуры в скважине в зависимости от среднегодовой температуры вечномерзлого грунта

6.7. Состояние паропроводов необходимо систематически проверять в соответствии с требованиями "Правил устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды" Госгортехнадзора СССР (М., Недра, 1973).

В целях предупреждения ожогов обслуживающего персонала паропроводы необходимо теплоизолировать.

6.8. Администрация строительства обязана предусмотреть безопасную подвеску на стреле установки ВАГ-101 стержневых анкеров, проинструктировать крановщика и монтажников о порядке ведения работ по погружению стержневых анкеров, установить порядок обмена условными сигналами между крановщиком и монтажниками.

6.9. При работе по установке вибрируемых стержневых анкеров следует использовать инвентарные переходные мостики. Для спуска рабочих в траншею и подъема из нее следует применять переносные лестницы.

6.10. Рабочий, занятый на операции погружения стержневых анкеров, должен работать в защитной маске из хлопчатобумажной ткани для предохранения лица от попадания брызг горячей воды и разжиженного грунта.

6.11. Освещенность в темное время суток должно быть не менее 40 лк.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Определить несущую способность стержневого анкера по грунту $\Phi_{анк}$.

Анкер диаметром 28 мм заглублен в мерзлый грунт на глубину 8,0 м. Грунт - до глубины 4,0 м - глинистый, далее - песчаный. Согласно прогнозу теплового взаимодействия газопровода с грунтом для самого неблагоприятного режима работы газопровода и времени эксплуатации температура грунта по глубине заложения анкера изменяется по графику, приведенному на рис.3.

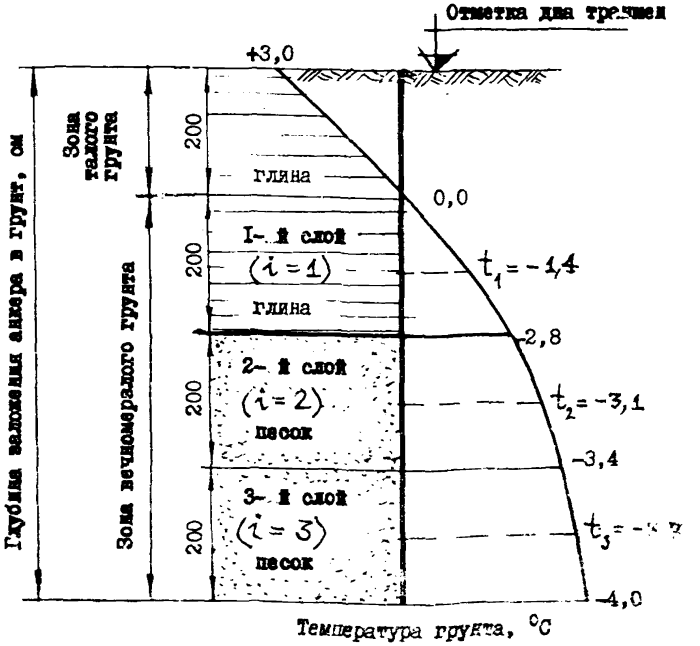

Рис.3. График распределения температур в грунте под трубопроводом

В пределах мерзлого грунта выделяют 3 слоя, причем границей (между первым и вторым слоями) назначается сечение, где меняется вид грунта, а границу между вторым и третьим слоями выбирают из условия , чтобы мощность отдельного слоя не превышала 2 м:

$$\Phi_{анк} = m \sum_{i=1}^{3} R_{см.i} F_{см.i} = m \sum_{i=1}^{3} R_{см.i} F \ell_i ,$$

где

ℓ_i – мощность слоя грунта.

Температура грунта посредине слоев: t_1 = -I,4°С; t_2 = = -3,I°С; t_3 = -3,7°С. По табл.3 прил.6 СНиП П-I8-76 соответствующие расчетные сопротивления $R_{см.1}$ = I,24 кгс/см^2, $R_{см.2}$ = = 2,66 кгс/см^2, $R_{см.3}$ = 3,I6 кгс/см^2:

$\Phi_{анк}$ = I,Ix9,6x200x(I,24+2,66+3,I6) = I49I0 кгс = = I49,I кН.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3

2. Конструкция и принцип работы стержневого анкерного устройства 4

3. Расчет несущей способности стержневого анкерного устройства 6

4. Размещение анкерных устройств вдоль трубопровода.... 10

5. Организация и технология закрепления трубопровода стержневыми анкерными устройствами..... 11

6. Техника безопасности 14

Приложение 17

Рекомендации

по закреплению трубопроводов вмораживаемыми стержневыми анкерами на вечномерзлых грунтах

(для опытно-промышленных участков)

Р 62I-87

Издание ВНИИСТа

Редактор Ф.Д.Остаева

Корректор С.П.Михайлова

Технический редактор Т.Л.Датнова

Подписано в печать 3/IX 1987г.Формат 60x84/I6

Печ.л. I,25 Уч.-изд.л. I,I Бум.л. 0,625

Тираж 450 экз. Цена II коп. Заказ 99

Ротапринт ВНИИСТа