

Министерство топлива и энергетики
Российской федерации

Проектно-изыскательский
и научно- исследовательский институт
по проектированию энергетических систем
и электрических сетей

«ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ»

РУКОВОДСТВО
по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением до 500 кВ для северной воздушной климатической зоны

3360тм-т.I

19 96г.

gost.e-ecolog.ru

Министерство топлива и энергетики
Российской Федерации

Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт
по проектированию энергетических систем и электрических
сетей

"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"

РУКОВОДСТВО

по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением до 500 кВ для северной воздушной климатической зоны

№ 3360тм-тI

Москва, 1996 г.

Министерство топлива и энергетики
Российской Федерации

Проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт
по проектированию энергетических систем и электрических
сетей

"ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ"

РУКОВОДСТВО

по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением до 500 кВ для северной воздушной климатической зоны (2-ая редакция)

Главный инженер В.С.Ляшенко

Начальник технического отдела А.М.Кулаков

Руководитель строительного подразделения Е.В.Панкрушин

Главный специалист Н.Я.Соловьева

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация 3

I. Общие положения 4

II. Опоры ВЛ
1) классификация опор 8
2) опоры 35-500 кВ. Рекомендуемые схемы опор I2
3) опоры 6-I0 кВ I4

III. Материалы конструкций опор
1) материалы для железобетонных конструкций опор I6
2) материалы для стальных конструкций опор I7

IУ. Основания и фундаменты
1) общие положения проектирования 25
2) типы закреплений 26
3) основные положения проектирования закреплений 27
4) расчет оснований, используемых по принципу I 30
5) расчет оснований, используемых по принципу II 34
6) особенности проектирования закреплений и оснований на засоленных, сильнольдистых и заторфованных вечномерзлых грунтах 37
7) расчет на действие сил пучения 38
8) проходка скважин в мерзлых грунтах 44

Приложения 46

А Н Н О Т А Ц И Я

Настоящая работа выполнена в соответствии с договором № 05- 5/2-96/59-96 отI2.03.96г. между Российским акционерным обществом (РАО) "ЕЭС России" и институтом " Энергосетьпроект".

" Руководство по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением до 500 кВ для северной воздушной климатической зоны" (2-ая редакция) разработано строительным подразделением ПТО ЭСН взамен ВСН 62-84 " Проектирование воздушных линий электропередачи напряжением 6-500 кВ для северной воздушно-климатической зоны" на базе новых нормативных документов Госстроя РФ.

Данное " Руководство" учитывает особенности проектирования конструкций опор ВЛ в северной воздушно-климатической зоне. Отвечает современным требованиям к надёжности и экономичности конструкций.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящее "Руководство" распространяется на проектирование воздушныхлиний электропередачи (ВЛ) напряжением 6-500 кВ для северной воздушной климатической зоны или районов, приравниваемых к ней по климатическим условиям.

I.2. К северной воздушно-климатической зоне относятся подрайоны Iа, Iб, Iг и Iд по таблице Приложения 8 и рис. 9 СНиП 2.0I.0I-82 "Строительная климатология и геофизика".

Климатический район строительства для северной воздушно-климатической зоны I_1; I_2; II_2; II_3 в соответствии с ГОСТ I6350--80 "Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей". Средняя температура наиболее холодной пятидневки $-40^{\circ}C > t > -65^{\circ}C$.

I.3. Общие вопросы проектирования линий электропередачи, а также проектирование и расчет электрической части ВЛ, проводов, изоляции и грозозащиты регламентируются "Правилами устройства электроустановок"(ПУэ) изд.6 гл.2.5 и указаниями настоящего "Руководства", отражающими особенности проектирования и расчета воздушных линий электропередачи в северной воздушно-климатической зоне.

I.4. Состав, порядок разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации (ПСД) на строительство ВЛ 6-500 кВ регламентируются СНиП II-0I-95. Содержание и объем ПСД определяются действующими эталонами ПСД, разработанными институтами "Энергосетьпроект" (№ I4320тм-т.т.I-7) и "Сельэнергопроект".

I.5. Инженерные изыскания трасс ВЛ следует производить в соответствии с "Руководством по инженерным изысканиям трасс" (№ I4II5тм-т1) и "Руководством по инженерно-геологическим изысканиям трасс воздушных линий электропередачи 35 кВ и выше" (№ 9341тм-т2) института "Энергосетьпроект". Состав и объем исследований определяются конкретными условиями на площадках установки опор.

I.6. При проектировании ВЛ 6-500 кВ для районов эксплуатации с низшей температурой минус 60° и ниже должны выполняться следующие дополнительные требования:

I) на ВЛ должны применяться только сталеалюминиевые провода;

2) допускаемые напряжения для проводов сечением до 95 $мм^2$ не должны превышать при низшей температуре 30% предела прочности провода при растяжении и при среднегодовой температуре - 25% предела прочности провода;

3) допускаемые напряжения для проводов сечением I20 $мм^2$ и более не должны превышать при низшей температуре 37% предела прочности провода на растяжение;

4) коэффициенты запаса прочности подвесных изоляторов и линейной арматуры должны быть не менее указанных в таблице I.

Таблица I

Режим работы линии электропередачи	Коэффициенты запаса прочности	
	для подвесных изоляторов	для линейной арматуры
Режим наибольшей нормативной нагрузки и низшей температуры	4,0	3,5
Режим среднегодовой температуры	5,0	4,5
Аварийный режим	2,7	2,6

1.7. Проектирование устройств распределения электроэнергии, релейной защиты электрических сетей, автоматики, вторичных цепей, грозозащиты, подходов к подстанциям и других вспомогательных электросетевых сооружений также должно вестись в соответствии с ПУЭ.

1.8. Для ВЛ, сооружаемых в нефтедобывающих и газодобывающих районах Западной Сибири, устанавливаются следующие дополнительные требования:

I) расчетные климатические условия должны приниматься по региональным картам, при этом максимальные нормативные скоростные напоры ветра для высоты до I5 м от земли следует принимать не менее 50 даН/м^2 (скорость ветра 29 м/сек) для ВЛ напряжением до 220 кВ, а район по гололеду (с повторяемостью I раз в I0 лет) не ниже II в районах, расположенных южнее 65° северной широты, и не ниже III в районах, расположенных севернее 65° северной широты;

2) двухцепные ВЛ II0 кВ и 220 кВ должны сооружаться только на одноцепных опорах и, как правило, по раздельным трассам;

3) на ВЛ напряжением 35 кВ и выше должны применяться только сталеалюминиевые провода, при этом для ВЛ II0 кВ и выше сечение проводов по алюминию должно быть не менее I20 мм^2;

4) на ВЛ напряжением 35 кВ и выше следует применять стеклянные изоляторы.

1.9. Для участков ВЛ, проходящих вблизи прудов-охладителей, в районах с низшей температурой минус 45°С и ниже при отсутствии данных наблюдений следует принимать толщину стенки гололеда на I0 мм больше, чем для всей линии.

1.I0. Строительные конструкции опор, фундаментов ВЛ и их основания должны проектироваться в соответствии с указаниями ПУЭ изд.6 гл.2.5, СНиП II-23-8I^{x} (90 г.) "Стальные конструкции. Нормы проектирования", СНиП 2.03.0I-84^{x} "Бетонные и железобетонные конструкции", СНиП 2.02.0I-83 "Основания зданий и сооружений", СНиП 2.02.04-88 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах", СНиП 2.02.03-85 "Свайные фундаменты", СНиП II-25-80

"Деревянные конструкции" и с учетом положений настоящей главы.

1.11. При проектировании стальных, железобетонных и деревянных конструкций следует соблюдать требования СНиП 2.03.11-85 "Защита строительных конструкций от коррозии".

Увеличение толщины проката с целью защиты конструкций от коррозии допускается только при соответствующем технико-экономическом обосновании.

1.12. Для защиты от коррозии конструкций с болтовыми соединениями, а также болтов, гаек и шайб рекомендуется горячее цинкование методом погружения в расплав. В отдельных случаях допускается применение лакокрасочных покрытий, а для крепежных изделий - гальваническое цинкование. При экономическом обосновании допускается применение коррозионностойких сталей.

Оттяжки из оцинкованных спиральных канатов из высокопрочной проволоки следует, кроме того, покрывать защитной электротехнической смазкой ЭВС.

1.13. Технические требования к качеству покрытия методом горячего цинкования, правила приемки и методы контроля конструкций стальных опор ВЛ приведены в ОСТ 34-29-582-82, крепежных изделий - в ОСТ 34-29-566-82.

1.14. На чертежах конструкций должны указываться характеристики материалов (марка бетона, стали, классы болтов, порода древисины и т.п.), условия монтажа проводов и тросов, на которые запроектирована конструкция, конструктивные и другие требования в соответствии с указаниями глав СНиП, ГОСТ, ТУ и др..

На чертежах фундаментов должны также указываться степень уплотнения грунтов засыпки, диаметр и отметка низа лидера (для свайных фундаментов).

Проекты массовых опор и фундаментов подлежат проверке испытанием опытных образцов.

П. ОПОРЫ ВЛ

2.I. Классификация опор. Особенности проектирования конструкций стальных, железобетонных и деревянных опор

2.I.I. Настоящее "Руководство" разработано в развитие указанных в разделе I нормативных документов и отражает специфические особенности проектирования строительных конструкций опор ВЛ. Оно распространяется на проектирование стальных, бетонных, железобетонных и деревянных строительных конструкций опор ВЛ, а также на проектирование естественных оснований фундаментов опор ВЛ.

2.I.2. На опорах подвешивается не менее трех проводов, составляющих одну цепь.

В зависимости от количества цепей ВЛ опоры подразделяются на одноцепные, двухцепные и многоцепные (здесь многоцепные не рассматриваются).

2.I.3. В зависимости от схемы расположения проводов опоры подразделяются на:

а) опоры с горизонтальным расположением проводов, когда провода фаз одной цепи ВЛ расположены в горизонтальной плоскости;

б) опоры с вертикальным расположением проводов, когда провода фаз одной цепи ВЛ расположены в вертикальной плоскости без смещения по горизонтали;

в) опоры со смешанным расположением проводов, когда провода фаз одной цепи ВЛ расположены в вертикальной плоскости со смещением по горизонтали.

2.I.4. По своему функциональному назначению опоры подразделяются на два основных типа: анкерные опоры, полностью воспринимающие тяжение от проводов и тросов в смежных с опорой пролетах, и промежуточные, которые не воспринимают тяжение проводов и тросов, или воспринимают его частично. На базе анкерных опор могут выполняться концевые и транспозиционные опоры.

2.I.5. Опоры промежуточного типа подразделяются на промежуточные прямые, которые устанавливаются на прямых участках ВЛ, и промежуточные угловые, которые устанавливаются на малых углах поворота ВЛ.

2.I.6. Опоры анкерного типа подразделяются на:

а) анкерные прямые, которые устанавливаются на прямых участках ВЛ и воспринимают нагрузку от тяжения проводов вдоль линии;

б) анкерные угловые, которые устанавливаются в точках поворота ВЛ и воспринимают составляющие нагрузки от тяжения проводов, идущих как вдоль, так и поперек линии;

в) концевые, которые устанавливаются на концах линий и воспринимают разность тяжения проводов линии и проводов, идущих на подстанционный портал;

г) транспозиционные, которые служат для изменения порядка расположения фаз;

д) ответвительные, которые устанавливаются в точках ответвления проводов от основной линии.

2.I.7. По своему конструктивному решению стальные, железобетонные и деревянные опоры могут быть свободностоящими или закрепляемыми с помощью оттяжек.

Все типы опор могут быть выполнены в одностоечном, двухстоечном и многостоечном варианте.

2.I.8. "Руководство по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением до 500 кВ для северной воздушной климатической зоны" составлено применительно к расчету строительных конструкций ВЛ по методу предельных состояний.

Конструкции опор должны удовлетворять требованиям расчета по несущей способности (предельные состояния первой группы) и по пригодности к нормальной эксплуатации (предельные состояния второй группы).

Первая группа предельных состояний предусматривает:

- расчет по прочности;

- расчет на устойчивость.

Вторая группа предельных состояний предусматривает:

- расчет по деформациям и перемещениям (прогибы, углы поворота и т.д.);

- расчет по образованию и раскрытию трещин.

2.I.9. Конструкции опор должны быть обеспечены с требуемой надежностью от возникновения всех видов предельных состояний расчетом, выбором материалов, назначением размеров, а также конструированием и должны удовлетворять требованиям ГОСТ 27751-88 "Надежность строительных конструкций и оснований".

2.I.IO. Прочность и устойчивость конструкций, а также требования по образованию и раскрытию трещин в железобетонных конструкциях должны быть обеспечены как в процессе эксплуатации, так и при транспортировке и монтаже.

2.I.II. Отклонения вершин металлических и железобетонных опор ВЛ вдоль линии (без учета поворота фундаментов) и вертикальные прогибы траверс при воздействии нормативных нагрузок не должны превышать величин, указанных в таблице 2.

Таблица 2

Конструкции и направление отклонения	Относительные отклонения стоек (к высоте h)	Относительные прогибы траверс (к длине пролета или консоли)			
		вертикальные		горизонтальные	
		в пролете	на консоли	в пролете	на консоли
I	2	3	4	5	6

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
I. Концевые и угловые опоры ВЛ анкерного типа высотой до 60 м вдоль проводов		I/I20	I/200	I/70	Не ограничивается
2. Опоры ВЛ анкерного типа высотой до 60 м вдоль проводов		I/I00	I/200	I/70	То же
3. Промежуточные опоры ВЛ (кроме переходных) вдоль проводов	Не ограничиваются		I/I50	I/70	То же
4. Переходные опоры ВЛ всех типов высотой свыше 60 м вдоль проводов		I/I40	I/200	I/70	То же

Примечания: I. Отклонения траверс опор ВЛ в аварийном и монтажном режимах не нормируются.

2. Прогибы траверс деревянных опор не нормируются.

2.2. Опоры 35-500 кВ. Рекомендуемые схемы опор.

2.2.I. На линиях электропередачи должны применяться опоры, имеющие высокие технико-экономические показатели, обеспечивающие:

- простоту технологии строительства и эксплуатации линии;

- наименьшую трудоемкость работ на трассе;

- удобство транспортировки опор;

- высокую надежность работы линии;

- отсутствие экологически вредных процессов при строительстве и эксплуатации линий.

2.2.2. В районах, где лес является местным материалом и может быть организована заготовка энергостолбов необходимого размера и качества, для опор проектируемых ВЛ напряжением до II0 кВ рекомендуется применять деревянные опоры с железобетонными приставками.

2.2.3. Качество древисины для изготовления деревянных опор должно соответствовать требованиям ГОСТ 9463-88, указаниям СНиП П-25-80 "Деревянные конструкции. Нормы проектирования" и СНиП 3.05.06-85 "Электротехнические устройства", а также ПУЭ 76 гл.П--5 шестого издания.

2.2.4. Для элементов деревянных опор воздушных линий электропередачи допускается применять круглый лес, пиломатериалы и клееную древесину.

2.2.5. Для основных элементов опор (стоек, траверс) диаметр бревна в верхнем отрубе должен быть не менее I8 см для ВЛ напряжением II0 кВ и не менее I6 см для линий электропередачи напряжением 35 кВ.

2.2.6. Рекомендуемые схемы деревянных опор:

а) опоры промежуточные ВЛ 35-II0 кВ с проводами АС70 и АС95 -- одностоечные с металлическими траверсами;

б) опоры промежуточные ВЛ 110 кВ с проводами АС 120 и большего сечения – портальные с внутренними связями;

в) опоры анкерно-угловые АП-образные, закрепляемые в грунте посредством вертикальных свай.

Сваи и приставки деревянных опор всех типов – железобетонные. Соединение элементов на болтах и бандажах без врубок.

2.2.7. Для линий 220-500 кВ в основном следует применять стальные конструкции.

Целесообразность применения железобетонных опор зависит от транспортных возможностей. Учитывая это, сооружение ВЛ на железобетонных опорах экономически обосновано, главным образом, в южной части рассматриваемой зоны.

Для всех ВЛ напряжением 110 кВ и выше, расположенных в Тюменской области и, в том числе, предназначенных для питания объектов добычи и транспортировки нефти и газа, применять металлические или железобетонные опоры.

2.2.8. Рекомендуемые схемы стальных опор:

а) опоры промежуточные ВЛ 35-330 кВ – одностоечные свободностоящие и одностоечные на оттяжках;

б) опоры промежуточные ВЛ 500 кВ – свободностоящие башенного типа и портальные на оттяжках;

в) опоры анкерно-угловые ВЛ 35-330 кВ – свободностоящие башенного типа;

г) опоры анкерно-угловые ВЛ 500 кВ – трехстоечные свободностоящие или на оттяжках.

Стойки стальных опор решетчатые или многогранного сечения из листовой стали.

2.2.9. Рекомендуемые схемы железобетонных опор:

а) опоры промежуточные ВЛ 35-110 кВ – одностоечные свободностоящие или на оттяжках;

б) опоры промежуточные ВЛ 220, 330 кВ – одностоечные свободностоящие или на оттяжках, портального типа свободностоящие;

в) опоры промежуточные ВЛ 500 кВ – портального типа на оттяжках или с внутренними связями.

2.2.10. Высота стальных, деревянных и железобетонных опор, сооружаемых в обычных грунтовых условиях, определяется исходя из экономических соображений. Учитывая, что наиболее трудоемкими и дорогостоящими являются работы по закреплению опор в грунте, целесообразно при сооружении линий со стальными опорами на вечномерзлых и сильно заболоченных трассах применять повышенные опоры.

2.2.11. При соответствующем экономическом обосновании возможно применение унифицированных опор по альбому № 5713тм-т3.

В частности, при согласовании с заказчиком, подрядчиком и заводом-изготовителем могут быть применены "Типовые опоры ВЛ 35--110 кВ для районов Крайнего Севера" (инв. № 7079тм-т9-12), разработанные институтом Севзапэнергопроект, а также "Стальные болтовые опоры ВЛ 110-220 кВ, допускающие монтаж вертолетом для электроснабжения БАМ" (инв. № 1731тм-тI-3).

2.2.12. Для удобства осмотра ВЛ с вертолета в верхней части конструкций анкерно-угловых опор ВЛ напряжением 110-500 кВ должна быть предусмотрена установка номерных знаков с размерами не менее 400х500 мм.

2.3. Опоры 6-10 кВ

2.3.1. В распределительных сетях, сооружаемых в условиях вечной мерзлоты, следует широко применять деревянные опоры.

2.3.2. Промежуточные опоры должны быть одностоечными свободностоящими. Анкерно-угловые опоры, как правило, А-образные (с подкосами).

2.3.3. Опоры могут быть как цельностоечными, так и составными из деревянных стволов с деревянными или железобетонными приставками.

2.3.4. На переходах ВЛ 6-10 кВ через судоходные реки рекомендуется применять стальные опоры.

2.3.5. Специальные требования к материалу опор - древесине, стали и железобетону - те же, что и для опор 35-500 кВ.

2.3.6. При проектировании ВЛ 6-I0 кВ, как правило, следует применять неизолированные сталеалюминиевые провода по ГОСТ 839--80. При соответствующем обосновании допускается применять алюминиевые провода и провода марок АН и АЖ из алюминиевых сплавов, а также стальные многопроволочные провода марки ПС.

2.3.7. В I-П районах по гололеду, в I-Ш ветровых районах при подвеске проводов сечением до 50 мм^2 рекомендуется применять крюковой профиль промежуточной опоры. При больших сечениях проводов, а также в других районах рекомендуется треугольное расположение проводов с использованием горизонтальной траверсы.

2.3.8. Крепление проводов на промежуточной опоре, как правило, должно осуществляться на штыревых изоляторах с применением усиленной вязки.

2.3.9. На ВЛ 6-I0 кВ для электроснабжения потребителей I категории при использовании сталеалюминиевых проводов сечением 70 мм^2 и более может применяться крепление проводов на подвижных изоляторах с применением соответствующих опор ВЛ 35 кВ.

2.3.I0. На анкерных (концевых) и анкерно-угловых опорах во всех случаях следует применять крепление проводов всех марок и сечений на натяжных гирляндах из подвесных изоляторов.

2.3.II. Соединение сталеалюминиевых проводов в пролетах следует выполнять при помощи овальных соединительных зажимов с обеспечением необходимого электрического контакта путем применения термической сварки.

2.3.I2. При выборе типа заземления предпочтение следует отдавать комбинированным заземляющим устройствам, состоящим из вертикальных электродов длиной I,5 м, соединенных между собой горизонтальной полосой на глубине 0,3-0,5 м.

2.3.I3. Защитные заземления в местах установки коммутационных аппаратов при высоком удельном сопротивлении грунта в виде выносного контура, располагаемого в грунтах с пониженным удельным сопротивлением (талики, дно водоемов, рудные жилы, пластичномерзлые грунты и проч.).

3. МАТЕРИАЛЫ КОНСТРУКЦИЙ ОПОР

3.I. Материалы для железобетонных конструкций опор.

3.I.I. Материалы для железобетонных элементов опор и фундаментов должны применяться в соответствии с рекомендациями и требованиями главы СНиП 2.03.0I-84^{X} "Бетонные и железобетонные конструкции" и настоящего раздела.

3.I.2. Для стоек и траверс железобетонных опор должен применяться тяжелый бетон класса по прочности на осевое сжатие:

а) центрифугированных - В 30 и выше;

б) вибрированных - В 25 и выше.

Для конструкций сборных фундаментов (подножники, призматические сваи, анкерные и опорные плиты, ригели и др. сборные элементы) - бетон класса по прочности на осевое сжатие В15 и выше.

3.I.3. Марка бетона по морозостойкости и водонепроницаемости для всех железобетонных элементов опор ВЛ напряжением 35-500 кВ, а также фундаментов для этих опор, предназначенных для районов с расчетной зимней температурой наружного воздуха ниже минус 40°С, должны приниматься не ниже F 300 и W 8, а для опор и фундаментов ВЛ напряжением ниже 35 кВ - не ниже F I50 и W 6 соответственно.

3.I.4. В качестве напрягаемой продольной арматуры стоек следует применять:

горячекатанную арматурную сталь классов А-УI, А-У и А-IУ по гост 578I-82;

термомеханически и термически упрочненную арматурную сталь классов Ат- VСК и Ат-IV С по ГОСТ I0884-8I;

арматурные канаты класса К-7 по ГОСТ I3840-68 и класса К-I9 по ТУ I4-4-22-7I.

В I и II районах по гололеду преимущественно следует применять арматурную сталь классов А- VI, А-V , Ат- VСК, А-IV и Ат--IVС.

В III и У районах по гололеду преимущественно следует применять арматурные канаты классов К-7 и К-I9.

3.1.5. В качестве ненапрягаемой продольной арматуры стоек следует применять арматурную сталь классов А-УI, А-У, Ат-VСК, А-IУ, Ат-IVС и А-I.

Поперечную арматуру (спираль) стоек следует выполнять из арматурной проволоки классов Вр-I и А-I по ГОСТ 6727-80.

Монтажные кольца следует выполнять из арматурной стали класса А-I по ГОСТ 5781-82, ГОСТ 380-88 с нахлесточным или стыковым соединением.

3.1.6. В качестве напрягаемой арматуры железобетонных элементов опор и фундаментов, изготовляемых вибрированием, следует преимущественно применять:

а) стержневую горячекатаную периодического профиля классов А-IУ, А-У и А-УI и термически упрочненную классов Ат-IУ, Ат-У, Ат-УI - только для продольной рабочей арматуры в вязаных каркасах;

б) допускается применять арматурные канаты классов К-7 и К-19 при соответствующем технико-экономическом обосновании.

3.1.7. В качестве ненапрягаемой арматуры опор и фундаментов из вибробетона следует применять стержневую горячекатаную арматуру периодического профиля классов А-Ш, А-IУ, А-У.

3.1.8. В качестве поперечной арматуры (спираль, хомуты) конструкций из вибробетона следует применять арматурную проволоку классов ВI и ВрI, а также гладкую арматуру класса А-I и периодического профиля класса А-П.

3.1.9. Значения нормативных и расчетных характеристик материалов железобетонных конструкций опор, коэффициенты условий работы, а также значения начальных модулей упругости бетона - при сжатии и растяжении Ев и модулей упругости арматурных сталей должны приниматься в соответствии с указаниями главы СНиП 2.03.01-84*.

3.2. Материалы для стальных конструкций

3.2.1. Для стальных конструкций опор воздушных линий элект-

ропередачи (ВЛ) следует, как правило, применять для фасонного проката (уголков, двутавров, швеллеров), широкополосного универсального проката и гнутых профилей - стали 255, С285, С345, С375 по ГОСТ 27772-88; для сортового проката (круг, квадрат, полоса) - стали по ГОСТ 19281-89, ГОСТ 535-88 и ГОСТ 380-88, ТУ 14-1-3023-80, а также стали повышенной коррозионной стойкости марок 08ХГДСП по ТУ 14-1-4877-90, 12ХГДАФ по ТУ 14-1-4685-89, 10ХНДП, 10ХДП и 15ХДП по ТУ 14-1-4941-90.

3.2.2. Условия применения стали по ГОСТ 27772-88 в климатических районах 1_I, 1_2, II_2, II_3 для групп конструкций 1, 2, 3, 4 приведены в таблице 3.

При этом следует принимать распределение конструкций по группам:

группа 1 - сварные специальные опоры ВЛ больших переходов высотой свыше 60 м;

группа 2 - сварные опоры ВЛ независимо от напряжения, а также опоры, указанные в группе 1, при отсутствии сварных соединений;

группа 3 - конструкции группы 2 при отсутствии сварных соединений;

группа 4 - трапы, лестницы, ограждения и другие вспомогательные конструкции и элементы опор ВЛ.

Таблица 3

Сталь	Условия применения стали в климатическом районе строительства (расчетная температура °С) для групп конструкций							
	I_2, II_2, II_3 $-40 \geqslant t \geqslant -50$				I_I $-50 > t \geqslant -65$			
	1	2	3	4	1	2	3	4
С255	-	-	-	+	-	-	-	+
С285	-	-	-	+	-	-	-	+
С345	+3	+3	+1	=	+4[а]	+4[а,б]	+2 или 3	=
С375	+3	+3	+1	=	+4[а]	+4[а,б]	+2 или 3	=

Обозначения в таблице 3:

Знак "+" означает, что данную сталь применять "следует"; знак "-" - не следует; знак "=" - "допускается при технико-экономическом обосновании".

Цифра у знака "+" означает категорию стали;

а) применять фасонный прокат толщиной до II мм, а при согласовании с изготовителем проката - до 20 мм; листовой прокат - всех толщин;

б) при толщине проката не более II мм допускается применять сталь категории 3.

Примечания:

I. За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки.

2. Требования настоящей таблицы распространяются на листовой прокат от 2 мм, фасонный прокат - толщиной от 4 мм по ГОСТ 27772-88. При толщине менее 5 мм приведенные в таблице стали применяются без требований по ударной вязкости (без указаний категорий).

3. Климатические районы строительства устанавливаются в соответствии с ГОСТ I6350-80 "Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей". Указанные в головке таблицы в скобках расчетные температуры соответствуют температуре наружного воздуха соответствующего района, за которую принимаются средняя температура наиболее холодной пятидневки согласно указаниям СНиП по строительной климатологии и геофизике.

4. Применение термоупрочненного с прокатного нагрева фасонного проката из стали С345Т и С375Т, поставляемого как сталь С345 и С375, не допускается.

5. Применение электросварных труб для опор ВЛ и ОРУ не допускается.

6. Бесшовные горячедеформированные трубы допускается применять только для элементов специальных опор переходов ВЛ высотой 60 м и более, при этом следует применять марки стали:

во всех климатических районах, кроме I_1, I_2, II_2 и II_3, марку 20 по ГОСТ 8731-87 с дополнительным требованием по ударной вязкости при температуре минус 20°С - не менее 30 Дж/см^2;

в климатических районах I_1, I_2, II_2, II_3 марку 09Г2С по ТУ 14-3-1128-82.

К стали труб следует предъявлять требования свариваемости. Не допускается применять бесшовные горячедеформированные трубы, изготовленные из слитков, имеющих маркировку с литером "Д", не прошедшие контроль неразрушающими методами.

7. Круглый прокат для элементов опор ВЛ должен приниматься по ТУ 14-1-3023-80 из сталей ВСт3сп и ВСт3Гпс диаметром от 12 до 25 мм и из стали 09Г2С диаметром от 12 до 40 мм.

Указанный круглый прокат по ТУ 14-1-3023-80 может применяться:

из сталей ВСт3сп и ВСт3Гпс категории 5 - в районах с расчетной температурой воздуха $-40^{\circ}С > t \geq -65^{\circ}С$ в 4-й группе конструкций;

из стали 09Г2С категории 12 - в районах с расчетной температурой воздуха $-40^{\circ}С > t \geq -50^{\circ}С$ для всех четырех групп конструкций; в районах с расчетной температурой $-50^{\circ}С > t \geq -65^{\circ}С$ только в конструкциях группы 4.

Ударная вязкость круглого проката из стали ВСт3сп и ВСт3Гпс должна соответствовать требованиям ГОСТ 535-88, предъявляемым к прокату из стали Ст3сп5.

Ударная вязкость круглого проката из стали 09Г2С должна соответствовать требованиям, предъявляемым к круглому прокату из сталей классов прочности 265 и 295 категории 12 по таблице 5 ГОСТ 19281-89 со значениями, приведенными в таблице 7.

Указания по применению круглого проката в конструкциях групп 1, 2 и 3 в районах с расчетной температурой воздуха $-50^{\circ}С < t < -65^{\circ}С$ будут разработаны после проведения специальных исследований.

При заказе круглого проката по ТУ 14-1-3023-80 необходимо указывать марки стали, группы прочности, требования по ударной вязкости и требования свариваемости.

8. Соответствие марок стали по ТУ I4-I-3023-80, ГОСТ 535--88, ГОСТ I928I-89 сталям по ГОСТ 27772-88 следует определять по таблице 5I,б СНиП II-23-8I[X] (90 г.) с учетом того, что ГОСТ 380-7I[X] заменен на ГОСТ 535-88 и ГОСТ 380-88, а ГОСТы I928I-73[X] и ГОСТ I9282-73[X] на ГОСТ I928I-89.

3.2.3. Литые детали следует проектировать из углеродистой стали марок 35Л и 45Л групп отливок II и III по ГОСТ 977-75[X].

3.2.4. Для сварки стальных конструкций следует применять материалы, соответствующие классу свариваемых сталей и обеспечивающие требуемые свойства сварных соединений и надлежащую технологию их выполнения.

Перечень рекомендуемых материалов для сварки и указания по их применению приведены в таблице 4.

Таблица 4

Группа конструкций	Расчетная температура района строительства, °С	Стали по ГОСТ 27772-88 ГОСТ 535-88 ТУ I4-I-3023-80	Типы электродов (по ГОСТ 9467-75)
I, 2, 3	$-40 > t \geq -65$	С345, С375 09Г2С, I0Г2С1	Э46А Э50А
4	$-40 > t \geq -65$	С255, С285 Ст3сп, ВСт3Гпс	Э42А Э46А

3.2.5. Болты классов точности А, В и С для опор ВЛ высотой до 60 м следует принимать как для конструкций, не рассчитываемых на выносливость, а для фланцевых соединений и опор высотой более 60 м – как для конструкций, рассчитываемых на выносливость.

3.2.6. Для болтовых соединений элементов стальных конструкций следует применять: стальные болты и гайки, удовлетворяющие

требованиям ГОСТ 1759.0-87, ГОСТ 1759.4-87, ГОСТ 1759.5-87 и шайбы, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 18123-82^{х}.

Болты следует назначать по ГОСТ 7796-70^{х}, ГОСТ 7798-70^{х}, ГОСТ 15589-70^{х}, ГОСТ 15591-70^{х}, а также болты с укороченной нарезной частью -по ТУ14-4-1386-86 при ограничении деформации соединений по ГОСТ 7805-70.

Болты и гайки следует применять только при наличии маркировки согласно требованиям СНиП 3.03.01-87.

Требования к болтам при различных условиях их применения приведены в таблице 5.

Таблица 5

Климатический район строительства	Класс прочности болтов и требования к ним по ГОСТ 1759.4 в конструкциях			
	не рассчитываемых на выносливость		рассчитываемых на выносливость	
	при работе болтов на			
	растяжение	срез	растяжение	срез
I_2, II_2, II_3	5,6 5,8а)	5,6 5,8	5,6 8,8б)	5,6 5,8а)
I_1	8,8б)	8,8	8,8б)	8,8

а) с дополнительным последующим отпуском при температуре 650°С.

б) с требованием испытания на разрыв по косой шайбе по п.6.5 ГОСТ 1759.4.

Примечания:

1. При заказе болтов класса прочности 5,8 необходимо указать, что применение автоматной стали не допускается.

2. При применении конструкций опор ВЛ по проектам действующей унификации (см. "Каталог унифицированных и типовых опор" № 5713тм-т3) допускается использование болтов класса прочности 4.6, предусмотренных этими проектами.

3. Болты всех классов прочности, указанных в таблице, подлежат обязательной маркировке.

3.2.7. Гайки следует применять по ГОСТ 5915-70^{X}:

для болтов классов прочности 5.6 и 5.8 - гайки класса прочности 5;

для болтов класса прочности 8.8 - гайки класса прочности 8.

Шайбы следует применять:

- по ГОСТ 11371-78^{X}, косые - по ГОСТ 10906-78^{X}, пружинные нормальные по ГОСТ 6402-70^{X}.

3.2.8. Для фундаментных и U -образных болтов опор ВЛ следует применять стали марок:

а) в климатических районах I_2, II_2, II_3:

09Г2С класса прочности 265 категории 4 группы I по ГОСТ 19281-89 диаметром свыше 20 мм до 48 мм;

09Г2С класса прочности 295 категории 4 группы I по ГОСТ 19281-89 диаметром свыше 20 мм до 32 мм;

10Г2СТ класса прочности 295 категории 4 группы I по ГОСТ 19281-89 диаметром свыше 32 мм до 48 мм;

10Г2С1 класса прочности 325 категории 4 группы I по ГОСТ 19281-81 диаметром свыше 32 мм до 48 мм.

б) требования к сталям для климатического района I_1, а также для болтов диаметром более 48 мм будут разработаны после проведения специальных исследований.

3.2.9. Гайки для фундаментных и U -образных болтов опор ВЛ диаметром до 48 мм следует применять по ГОСТ 5915-70^{X}.

Для указанных болтов из стали марок 09Г2С и 10Г2С1 - гайки класса прочности не ниже 5 по ГОСТ 1759.5-87. Допускается применять гайки из стали марок, применяемых для болтов.

3.2.9. Для оттяжек опор ВЛ следует применять:

а) канаты спиральные по ГОСТ 3062-80, ГОСТ 3063-80, ГОСТ 3064-80;

б) пряди и пучки параллельных проволок, формируемых из канатной проволоки, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 7372-79;

в) канат стальной одинарной свивки по ТУ I4-4-I493-88.

Стали для оттяжек из круглого проката указаны в таблице 6.

Таблица 6

Марка стали	ГОСТ ТУ	Группа конструкций	Категория стали при расчетной температуре района строительства, $0^{o}C$	
			$-40 > t \geq -50$	$-50 > t \geq -65$
Ст3сп	ТУ I4-I-3023-80 ГОСТ 535-88	4	5	5
ВСт3Гпс	ТУ I4-I-3023-80	4	5	5
09Г2С	ТУ I4-I-3023-80 ГОСТ I9281-89	1÷4	12	-
		4	-	12
I0Г2С1	ТУ I4-I-3023-80 ГОСТ I9281-89	1÷4	12	-
		4	-	12

IУ. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ

4.I. Общие положения проектирования

4.I.I. Настоящие указания должны применяться совместно с требованиями главы СНиП 2.02.04-88"Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах".

4.I.2. Проектирование оснований и фундаментов должно обеспечивать требуемые эксплуатационные качества, что достигается выбором наиболее рациональной для этих условий конструктивной схемы опоры, рациональным способом закрепления фундамента в грунте, сохранением необходимого температурного режима грунта.

4.I.3. Мероприятия по охране окружающей среды устанавливаются в проекте ВЛ в соответствии с требованиями п.3.3I-3.37 главы СНиП 2.02.04-88.

4.I.4. Надежность ВЛ, возводимых в условиях распространения вечномерзлых грунтов, обеспечивается выполнением намеченных в проекте мероприятий по подготовке и технологии устройства оснований и фундаментов в период строительства.

В период строительства наблюдения за состоянием оснований и фундаментов должны выполняться строительной организацией и контролироваться техническим надзором заказчика.

4.I.5. (4.2)[x] Основания и фундаменты следует рассчитывать по двум группам предельных состояний: по первой - по несущей способности, по второй - по деформациям (осадкам, прогибам и пр.), затрудняющим нормальную эксплуатацию конструкций сооружения или снижающим их долговечность, а элементы железобетонных конструкций - и по трещиностойкости.

При расчете по предельным состояниям несущую способность основания и его ожидаемые деформации следует устанавливать с учетом температурного режима грунтов основания, а при принципе I - также с учетом продолжительности действия нагрузок и реологических свойств грунтов.

---

x/ Здесь и далее в скобках указаны номера пунктов СНиП2.02.04-88.

Фундаменты как элементы конструкций в зависимости от их материала следует рассчитывать в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01-84, СНиП II-23-81[x]/ СНиП II-25-80 и СНиП 2.02.03-85

4.2. Типы закреплений.

4.2.I. Опоры ВЛ относятся к числу сооружений, не выделяющих тепло, поэтому основным видом взаимодействия фундамента с вечномерзлым грунтом является механическое.

Закрепление опор ВЛ в вечномерзлых грунтах в каждом конкретном случае принимается в зависимости от конструктивной схемы опоры, геокриологических условий, времени года строительства, наличия машин и механизмов.

4.2.2. В качестве фундаментов опор ВЛ рекомендуется применять винтовые анкера, поверхностные фундаменты (предпочтительно блочные) и сваи, в том числе винтовые.

Конструктивные схемы рекомендуемых типов фундаментов приведены в приложении на рис.I.2.

Наиболее рациональным видом анкерных фундаментов являются винтовые сваи (винтовые анкера) - многовитковые и однодвухлопастные.

Винтовой анкер всеми витками должен располагаться в слое вечномерзлого грунта.

Винтовые анкера с диаметром лопастей 0,28 и 0,85 м конструкции "Севзапэнергосетьпроект"а приведены в приложении на рис.3.

Возможно применение других конструкций винтовых анкеров и свай.

Винтовые анкеры для закрепления оттяжек могут погружаться в грунт под углом до 30^{0}, под стойку опоры винтовые сваи погружаются вертикально или наклонно.

4.2.3. Способы погружения свай (сплошного сечения), свай-оболочек, столбов принимаются по указаниям п.3.I9 и п.3.20 главы СНиП2.02.04-88.

4.2.4. Закрепление деревянных опор (с приставками и без приставок) следует выполнить в пробуренных котлованах, диаметром большим, чем поперечный размер конструкции на 5 см и

более, с плотным заполнением пазухи грунтовым раствором или талым непучинистым грунтом. В условиях пластично-мерзлых грунтов погружение железобетонных свай-приставок может осуществляться бурозабивным способом. На труднодоступных участках трассы закрепления могут выполняться в открытых котлованах. При установке приставок в открытые котлованы обязательно применение ригелей в нижней части.

В тех случаях, когда близко к поверхности расположены скальные породы или жильные льды, следует устраивать насыпные банкетки, ряжевые и лежневые фундаменты, в условиях сильно заболоченной и труднопроходимой местности рекомендуется применение лежневых фундаментов.

Схемы закрепления опор в грунте приведены в приложении 2 (на рис.4).

4.3. Основные положения проектирования закреплений.

4.3.I. В соответствии с п.п.3.I÷3.3 главы СНиП 2.02.04-88 "Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах" следует принимать один из двух принципов использования вечномерзлых грунтов в качестве основания.

При проектировании, как правило, должен быть использован принцип I, при котором предусматривается:
- сохранение естественного вечномерзлого состояния грунтов;
- предварительное охлаждение мерзлых грунтов;
- промораживание отдельных участков талых грунтов.

4.3.2. Для замораживания грунтов и периодического их охлаждения в околосвайном пространстве могут быть использованы различные охлаждающие установки, преимущественно саморегулирующие охлаждающие устройства.

В условиях линейного строительства рекомендуется применять жидкостные охлаждающие устройства, в которых в качестве теплоносителя используется керосин. Охлаждающие устройства могут входить в конструкцию сваи или применяться отдельно.

Схемы фундаментов с применением охлаждающих установок даны в Приложении 2 на рис.5.

В железобетонные сваи сплошного сечения охлаждающие установки заделываются при изготовлении свай, в пустотелые - после погружения свай.

4.3.3. При размещении в сваях охлаждающих установок допускается способ погружения свай в грунт, при забивном и буровабивном способах необходимо предусмотреть меры против разрушения голов свай.

4.3.4. С целью наиболее эффективного теплосъема охладители в сваях рекомендуется размещать таким образом, чтобы верх их возвышался над дневной поверхностью на величину, равную 0,4 заглубления охлаждителя ниже дневной поверхности.

4.3.5. *Охладители, включенные в конструкцию самоохлаждающихся* свай, могут быть однотрубными, работающими по принципу конвективного теплообмена, и двухтрубными с циркуляцией теплоносителя. Диаметры труб для двухтрубных охлаждающих установок размещаемых в сваях, подбираются из соотношения меньшего и большего диаметров труб, равного 0,7 - более интенсивное охлаждение керосина в трубе меньшего диаметра, обусловливающее увеличение его плотности, способствует циркуляции керосина на весь период сохранения температурного перепада между верхней и нижней зоной охлаждающей установки.

4.3.6. Для вмораживания полых свай, устанавливаемых в пробуренные скважины, понижение температуры грунта может осуществляться путем охлаждения стенок скважины холодным воздухом до установки сваи и заливки раствором. Для охлаждения воздухом грунта около пробуренных скважин может применяться система из вентилятора и воздуховода с отводами для присоединения к ним шлангов от отдельных скважин или свай. В скважину помещается циркуляционная труба диаметром 120-150 мм.

4.3.7. Время, необходимое для предварительного охлаждения стенок скважины и сроки вмерзания свай в сутках приведены в таблице I.

Таблица I

Показатели	Вид грунта	Температура охлаждающего воздуха, °С			
		-I0	-I5	-30	-40
Продолжительность охлаждения скважин, сут.	песчаные	3	2	I	0,7
	глинистые	2	I,5	0,8	0,4
Сроки вмерзания свай, погруженных в охлажденные скважины, сут.	все виды грунтов	5	3	I,5	I

Примечания: I. Расчетное значение температуры охлаждающего воздуха принимается для забоя скважины.

2. При температуре воздуха на забое выше -I0° вентилирование становится нерациональным.

4.3.8. Для полых свай с заливкой скважины грунтовым раствором ориентировочное время охлаждения в сутках может приниматься по таблице 2.

Таблица 2

Температура охлаждающего воздуха, °С	-I0	-20	-30 и ниже
Время охлаждения, сут.	4	I,5	I

Примечание: Время охлаждения дано для случая, когда диаметр сваи равен 300 мм, скважины - 400 мм, раствор песчано-глинистый влажностью 30%.

4.3.9. Для замораживания и охлаждения талых грунтов применяются коаксиальные охладители с диаметром наружных труб 76-89 мм, подключаемые к индивидуальным вентиляторам.

Для извлечения коаксиальных охладителей через них в течение 30 мин. пропускается пар, применять оттаивание охладителей при помощи паровых игл не допускается.

4.3.10. При бурозабивном и забивном способах погружения свай искусственное понижение температуры вечномерзлых грунтов допускается осуществлять только после погружения свай.

4.3.11. Расчеты выполняются на расчетные значения нагрузок в нормальном и аварийном режимах работы ВЛ, в особых случаях также в монтажном режиме.

4.4. Расчет оснований, используемых по принципу I.

4.4.1. При расчете по несущей способности должно удовлетворяться условие:

$$F \leq \frac{F_u}{\gamma_n} \qquad (I)$$

где F – расчетная нагрузка на основание, включая вес фундамента, лежащего на его уступах;

F_u – несущая способность основания, определяемая по указаниям п.4.4.3.

γ_n – коэффициент надежности, принимаемый по таблице 3.

Таблица 3

Вид опор	Коэффициент надёжности γ_n
Промежуточные прямые	I
Анкерные прямые без разности тяжений	I,2
Угловые (промежуточные и анкерные), анкерные (прямые и концевые) с разностью тяжений	I,3
Специальные	I,7

4.4.2. Несущая способность оснований, соответствующая ее расчетному значению, может быть определена расчетом с использованием:

- табличных значений расчетных характеристик прочности грунтов;
- значений, определяемых по данным лабораторных или полевых испытаний;
- по данным натурных испытаний фундаментов.

4.4.3. Несущая способность оснований для свай и столбов определяется по формуле:

$$F_u = \gamma_t \gamma_c \left(R A + \sum_{i=1}^{n} R_{af,i} A_{af,i}\right) \qquad (2)$$

где γ_t - температурный коэффициент, учитывающий изменение температуры грунтов основания в период строительства и эксплуатации сооружения. В соответствии с п.4.10 СНиП2.02.04-88 для опор ВЛ $\gamma_t = 0,8$.

γ_c - коэффициент условий работы основания, принимаемый по таблице 4 (3)

R - расчетное давление на мерзлый грунт под нижним концом сваи или под подошвой столбчатого фундамента, кПа (кГс/см^2), определяемое согласно указаниям п.4.8 СНиП2.02.04-88.

A - площадь подошвы столбчатого фундамента или площадь опирания сваи на грунт, м^2/см^2/, принимаемая для сплошных свай равной площади их поперечного сечения (или площади уширения), для полых свай, погруженных с открытым нижним концом - площади поперечного сечения сваи брутто при заполнении ее полости цементно-песчаным раствором или грунтом на высоту не менее трех диаметров сваи;

$R_{af,i}$ - расчетное сопротивление мерзлого грунта или грунтового раствора сдвигу по боковой поверхности смерзания фундамента в пределах i-го слоя грунта, кПа(кГс/см^2), определяемое согласно указаниям п.4.8 гл СНиП2.02.04-88.

$A_{\alpha f,i}$ – площадь поверхности смерзания i-го слоя грунта с боковой поверхностью сваи, а для столбчатого фундамента – площадь поверхности смерзания грунта с нижней ступенью фундамента, $м^2/см^2$);

n – число выделенных при расчете слоев вечномерзлого грунта.

4.4.4. При однородных по составу вечномерзлых грунтах несущую способность основания висячей сваи допускается определять по формуле

$$F_u = \gamma_t \cdot \gamma_c \left(R \cdot A + R_{\alpha f} \cdot A_{\alpha f}\right) \qquad (3)$$

где $R_{\alpha f}$ – расчетное сопротивление мерзлого грунта сдвигу на поверхности смерзания, кПа ($кГс/см^2$), при средней по длине сваи (эквивалентной) температуре вечномерзлого грунта T_e.

$A_{\alpha f}$ – площадь смерзания сваи с вечномерзлым грунтом, $м^2/см^2$).

4.4.5. При расчете несущей способности основания столбатого фундамента силы смерзания грунта, определяемые вторым слагаемым формулы 2, учитываются только при условии выполнения обратной засыпки пазух котлована влажным грунтом, что должно быть отмечено в проекте.

4.4.6. В случаях, когда слой сезонного промерзания – оттаивания не сливается с вечномерзлым грунтом, несущую способность свай в пределах немерзлого слоя грунта допускается учитывать по СНиП 2.02.03-85. При этом должны быть предусмотрены меры по стабилизации верхней поверхности вечномерзлого грунта.

4.4.7. Для деревянных опор и деревянных свай, погружаемых с оттаиванием грунта или в предварительно пробуренные скважины, заполняемые грунтовым раствором, составляющую $R \cdot A$ в формулах (2) и (3) допускается учитывать, если предотвращено всплытие или выпучивание сваи или опоры.

4.4.8. Коэффициент условий работы основания γ_c принимается по табл. 4(3) в зависимости от вида и способов устройства фундаментов.

Таблица 4(3)

Виды фундаментов и способы их устройства	Коэффициент γ_c
Столбчатые и другие виды фундаментов на естественном основании	I,0
То же на подсыпках	0,9
Буроопускные сваи с применением грунтовых растворов, превышающих по прочности смерзания вмещающие грунты	I,I
То же при равной прочности грунтовых растворов и вмещающего грунта	I,0
Опускные и буронабивные сваи	I,0
Бурозабивные сваи при диаметре лидерных скважин менее 0,8 диаметра свай	I,0
То же при большом диаметре лидерных скважин	0,9

Значения коэффициента γ_c, приведенные в таблице 4(3), допускается увеличивать пропорционально отношению полной нагрузки на фундамент к сумме постоянных и длительных временных нагрузок, но не более чем в I,2 раза, если расчетные значения деформаций основания при этом не будут превышать предельно допустимых значений.

4.4.9. Прочность плиты фундамента при смерзании с грунтом обратной засыпки (кроме сыпучемерзлых грунтов) рассчитывается на действие касательной к боковой поверхности плиты нагрузки, линейно-распределенной по периметру подошвы фундамента q_{af} (формула 4) и равномерно распределенной по подошве центрально-нагруженного фундамента с учетом разгружающего влияния смерзания грунта q (формула 5)

$$q_{af} = n \cdot R_{af} \cdot h_5 \qquad (4)$$

$$q = \frac{N - q_{af} \cdot u \cdot l}{A} \qquad (5)$$

в формулах (4) и (5)

n - коэффициент перегрузки, принимаемый равным I,2;
h_5 - высота плиты фундамента (нижней ступени башмака столбчатого фундамента) м;
N - расчетная нагрузка на фундамент (без учета веса грунта),кН;
u,A - соответственно периметр, м и площадь подошвы фундамента,м^2.

4.4.*10.* Заполнение скважин для буроопускных свай производится специально приготовленным грунтовым раствором, использование вместо раствора шлама, образующегося при бурении скважин не рекомендуется.

Грунтовый раствор готовится из смеси глинистого грунта с мелким песком в отношении I:I - I:5 с соответствующей осадкой конуса I0-I3 см и влажностью 0,3-0,5. Значения R_{af} и R_{sh} принимаются по таблицам 3,4 Приложения I как для глинистого грунта; при применении песчаного раствора значение расчетного сопротивления сдвигу раствора по поверхности смерзания сваи R_{af} принимается по табл. 3 Приложения I как для песчаного грунта.

4.4.*11.* Несущая способность буроопускных свай F_u при заполнении скважин песчаным или известково-песчаным раствором вместо глинистого, определяется условием равнопрочности

$$F_u \leq F_{cb} \qquad (6)$$
$$F_u \leq F_{rp}$$

где F_{cb} - несущая способность, определяемая по сопротивлению сдвигу R_{af} песчаного или известково-песчаного раствора по боковой поверхности сваи;

F_{rp} - то же по сопротивлению сдвигу R_{sh} природного грунта по контакту с раствором (по контуру скважины).

при значениях $R<1$

F_{cb} – определяется по формуле (2) по таблице 3 Приложения для песчаного раствора и по таблице 3 для известково-песчаного раствора

$F_{гр}$ – определяется по формуле

$$F_{гр}=\gamma_c\left(R\cdot A+\pi d\sum_{i=1}^{n}R_{sh,i}\cdot h_i\right) \qquad (7)$$

где γ_c, n, R то же, что и в формуле (2);

$R_{sh,i}$ – расчетное сопротивление природного грунта сдвигу в i-м слое кН/м2, принимаемое по табл.4 Приложения

h_i – толщина i-ого слоя, м

d – диаметр скважины, м.

A – площадь подошвы фундамента, м^2

4.4.12. Несущая способность свай на выдергивание определяется по формуле

$$F_u=\gamma_c\sum_{i=1}^{n}R_{\alpha f,i}\cdot A_{\alpha f,i} \qquad (8)$$

здесь обозначения те же, что и в формуле (2).

4.4.13. Расчет свайных фундаментов на действие горизонтальных нагрузок допускается производить с учетом нарастания модуля деформации (или коэффициента постели) грунта по глубине и заделке сваи в толщу твердомерзлого грунта.

4.4.14. Расчет свай на действие горизонтальных нагрузок выполняется по одной из трех схем:

I – свая рассматривается как стержень, защемленный в мерзлом грунте в сечении, расположенном на расстоянии ℓ от подошвы ростверка (ростверк расположен выше поверхности грунта)

$$\ell=\ell_0+H_т+1{,}5b \qquad (9)$$

где ℓ_0 – расстояние от подошвы ростверка до поверхности грунта;

$H_т$ – толщина слоя сезонного оттаивания;

b – ширина поперечного сечения сваи в направлении действия нагрузки.

Сопротивление оттаявшего слоя грунта в расчете не учитывается.

II - свая рассматривается как стержень, твердомерзлом грунте, длина которого определяется по формуле (9), но сопротивление слоя оттаявшего грунта глубиной Нт $>$ 5δ в этом случае учитывается.

III - свая рассматривается как стержень, расположенный в пластичномерзлом грунте, характеризующемся ростом коэффициента постели пропорционально глубине расположения расчетного сечения сваи.

При расчете на горизонтальные усилия (нагрузки) используется методика и порядок расчета, приведенные в СНиП 2.02.03-85.

4.4.15. Расчет оснований по деформациям производится, исходя из условия

$$S \leq S_{пр} \qquad (10)$$

где S - величина деформации опоры, определяемая расчетом;

$S_{пр}$ - предельно допускаемая величина деформации основания опоры, принимаемая по СНиП 2.02.01-83.

4.4.16. Осадку основания свайного или столбчатого фундаментов в пластично-мерзлых грунтах допускается определять с учетом стабилизации деформаций основания, используя при этом метод послойного суммирования.

4.4.17. Осадка основания фундамента определяется по Приложению 2 СНиП 2.02.01-83 методом послойного суммирования по формуле

$$S = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{zp,i} \cdot h_i}{E_i} \qquad (11)$$

где β - безразмерный коэффициент, принимаемый равным 0,8

E_i - модуль деформации i-ого слоя;

$\sigma_{zp,i}$ - среднее значение дополнительного вертикального нормального напряжения в i-ом слое грунта, равное полусумме указанных напряжений на верхней z_{i-1} и нижней z_i границах слоя по вертикали проходящей через центр подошвы фундамента, определяемых по формуле

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p_0 \qquad (12)$$

где

h_i - толщина i -го слоя грунта,

n - число слоев на которые разбита толща основания

E_i - определяется исходя из среднегодовой температуры вечномерзлого грунта в середине i -го слоя.

4.5. Расчет оснований, используемых по принципу II.

Проектирование оснований, используемых по принципу II должно производиться по указаниям СНиП2-02.01-83, СНиП2.02.03-85 и других нормативных документов, содержащих необходимые рекомендации.

4.6. Особенности проектирования закреплений и оснований на засоленных, сильнольдистых и заторфованных вечномерзлых грунтах.

4.6.1. Расчет закреплений и оснований в условиях указанных грунтов производится в соответствии с требованиями разделов 5,6 и 7 СНиП 2.02.04.88 с учетом дополнительных указаний данного раздела.

4.6.2. При расчете несущей способности основания свайных и столбчатых фундаментов используются формулы 2-8 при этом R и $R_{\alpha f i}$ принимаются соответственно по табл. 5 и 6 Приложения I.

При применении известково-песчаного раствора для заполнения скважин значение R_{shj} и $R_{sh,ij}$ для засоленного природного грунта принимается равным $1{,}25\,R_{\alpha f}$ по табл.6 Приложения I. В случае заполнения скважины грунтовым раствором, затворенным на пресной воде значение $R_{\alpha f}$ для грунтового раствора принимается как для засоленных мерзлых грунтов природной засоленности.

4.6.3. При трассировании ВЛ рекомендуется избегать расположения опор на участке с сильнольдистыми грунтами и подземными льдами в пределах заглубления фундаментов, а для сжатых - и на глубине сжимаемой толщи.

При необходимости использования таких грунтов в качестве основания значение R и $R_{sh,i}$ принимается по табл.7 Приложения I.

4.6.4. В условиях заторфованных грунтов, находящихся в пластичномерзлом состоянии, возможна забивка свай непосредственно в мерзлый грунт, в этом случае R и R_{af} принимаются по табл.8. Приложения I.

В условиях заторфованных грунтов наиболее перспективными являются фундаменты с развитой опорной площадью, в частности, поверхностные фундаменты, закрепление оттяжек целесообразно с помощью винтовых якорей, расположенных в минеральном вечномерзлом грунте.

4.7. Расчет на действие сил пучения

4.7.I. Устойчивость фундаментов проверяется расчетом на одновременное действие сил морозного пучения, постоянных и длительных временных нагрузок.

Глубина заложения фундамента на территории распространения вечномерзлых грунтов должна проверяться расчетом по устойчивости фундамента на действие сил морозного пучения в соответствии с требованиями СНиП 2.02.04-88 и дополнительными требованиями настоящего раздела.

4.7.2. При расчете на действие сил морозного пучения следует учитывать, что опоры ВЛ являются точечными сооружениями не выделяющими тепла и потому не способствуют повышению температуры вечномерзлого грунта или понижению его кровли, которыми, в свою очередь, определяются размеры фундаментов и их устойчивость. Вырубка просеки при завершении работ за один зимний период как правило не приводит к понижению кровли вечномерзлого грунта, а разработанные в зимнее время котлованы являются естественными колодцами холода.

4.7.3. Расчет оснований и фундаментов по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения грунтов следует производить как для условий эксплуатации сооружения, так и для условий периода строительства, если до передачи на фундаменты проектных нагрузок возможно промерзание грунтов слоя сезонного оттаивания (промерзания). При необходимости в проекте должны

быть предусмотрены мероприятия по предотвращению выпучивания фундаментов в период строительства.

4.7.4. Устойчивость фундаментов на действие касательных сил морозного пучения грунтов надлежит проверять по формуле

$$\tau_{fh} \cdot A_{fh} - F \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot F_z \qquad (13)$$

где τ_{fh} - расчетная удельная касательная сила пучения, кПа (кГс/см^2), принимаемая согласно указаниям п.4.7.5.

A_{fh} - площадь боковой поверхности смерзания фундамента в пределах расчетной глубины сезонного промерзания - оттаивания грунта, м^2 (см^2);

F - расчетная нагрузка на фундамент, кН (кГс), принимаемая с коэффициентом 0,9 по наиболее невыгодному сочетанию нагрузок и воздействий, включая выдергивающие;

F_z - расчетное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания, кН (кГс), принимаемое по указаниям пункта 4.7.6;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным I,0;

γ_n - коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным I,I.

4.7.5. Расчетную удельную касательную силу морозного пучения τ_{fh}, кПа (кГс/см^2), следует определять, как правило, опытным путем. Для сооружений ВЛ (II класса ответственности) значения τ_{fh} допускается принимать по табл. 5 (9) в зависимости от состава, влажности и глубины сезонного промерзания и оттаивания грунтов d_{th}.

4.7.6. Расчетное значение силы F_z, кН (КГс), удерживающей фундаменты от выпучивания, следует определять по формулам: при использовании вечномерзлых грунтов по принципу I

$$F_z = \alpha_1 \sum_{i=1}^{n} R_{\alpha f,i} \cdot h_i, \qquad (14)$$

при использовании вечномерзлых грунтов по принципу П.

$$F_z = U \sum_{i=1}^{n} f_i \cdot h_i \qquad (I5)$$

где U - периметр сечения поверхности сдвига, м(см), принимаемый равным: для свайных и столбчатых фундаментов без анкерной плиты - периметру сечения фундамента; для столбчатых фундаментов с анкерной плитой - периметру анкерной плиты;

$R_{af,i}$ - расчетное сопротивление i-го слоя вечномерзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания, кПа (кГс/см^2), принимаемое по таблицам приложения;

h_i - толщина i-го слоя мерзлого или талого грунта, расположенного ниже подошвы слоя сезонного промерзания-оттаивания, м (см);

f_i - расчетное сопротивление i-го слоя талого грунта сдвигу по поверхности фундамента, кПа (кГс/см^2), принимаемое в соответствии с требованиями СНиП2.02.03-85.

4.7.7. Заанкеренный столбчатый фундамент должен быть проверен на отрыв силами морозного пучения стойки от анкерной плиты. Усилие F_{fh}, кН (кГс), разрывающее заанкеренный фундамент, определяется по формуле

$$F_{fh} = \tau_{fh} \cdot A_{fh} - F \qquad (I6)$$

где A_{fh} - площадь боковой поверхности стойки фундамента, находящейся в пределах слоя сезонного промерзания - оттаивания грунта, м^2 (см^2).

4.7.8. Поверхностные и малозаглубленные фундаменты, закладываемые в слое сезонного промерзания - оттаивания грунтов, следует рассчитывать по устойчивости на действие сил морозного пучения и по деформациям.

Таблица 5 (9)

Грунты и степень водонасыщения	Значения τ_{fh}, кПа (кГс/см2), при глубине сезонного промерзания - оттаивания d_{fh}, м		
	I,0	2,0	3,0
Пылевато-глинистые при показателе текучести $J_L > 0,5$, пески мелкие и пылеватые при степени влажности $S_z > 0,95$	I30 (I,3)	II0 (I,I)	90 (0,9)
Пылевато-глинистые при $0,25 < J_L \leq 0,5$, пески мелкие и пылеватые при $0,8 < S_z \leq 0,95$, крупнообломочные с заполнителем (глинистым, мелкопесчаным и пылеваты м) свыше 30%	I00 (I,0)	90 (0,9)	70 (0,7)
Пылевато-глинистые при $J_L \geq 0,25$, пески мелкие и пылеватые при $0,6 < S_z \leq 0,8$, а также крупнообломочные с заполнителем (пылевато-глинистым, мелкопесчанным и пылеваты) от I0 до 30%.	80 (0,8)	70 (0,7)	50 (0,5)

Примечания: I. Приведенные в таблице значения τ_{sh} относятся к поверхности бетонного фундамента. Для фундаментов из других материалов табличные значения τ_{sh} должны умножаться на коэффициент α_f, зависящий от вида поверхности смерзания и принимаемый равным:

для бетонных поверхностей фундаментов, изготовленных в металлической опалубке I,0

для деревянных поверхностей, не обработанных масляными антисептиками 1,0

для металлических поверхностей из горячекатанного проката ..... 0,7.

для деревянных поверхностей, обработанных масляными антисептиками....0,9

2. Для поверхностей фундаментов, покрытых специальными составами, уменьшающими силы смерзания, а также при применении других противопучинистых мероприятий значение τ_{fh} следует принимать на основании опытных данных.

Устойчивость фундаментов на действие нормальных сил морозного пучения проверяется по формуле

$$P_{fh} \cdot A_f \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot F \qquad (17)$$

где P_{fh} - удельное нормальное давление пучения грунта на подошву фундамента, кПа (кГс/см^2), устанавливаемое по опытным данным,

A_f - площадь подошвы фундамента, м^2 (см^2).

Остальные обозначения те же, что в формуле I3.

Расчет по деформациям следует производить с учетом совместной работы сооружения и неравномерно выпучиваемого основания. При этом возникающие в результате неравномерных поднятий и опусканий фундаментов дополнительные усилия в конструкциях сооружения не должны превышать предельно допустимых значений, а кренн и прогибы не препятствовать нормальной эксплуатации сооружения.

4.7.9. Заложение фундаментов в пределах глубины сезонного промерзания - оттаивания пучинистых грунтов не допускается.

4.7.I0. К мероприятиям, предохраняющим грунты от промерзания, относятся:

- устройство термоизоляции из малотеплопроводного материала (шлак, торф и др.);
- обработка грунта физико-химическими способами;
- нанесение защитных обмазок и полимерных покрытий на поверхность фундамента;
- противопучинная стабилизация грунтов верхнего слоя (0,5-0,6м) на контакте с фундаментной конструкцией путем обработки поверхностно-активными или структурно-образующими веществами.

4.7.II. Предотвращение выпучивания деревянных опор или снижение его до допустимых величин можно осуществить с помощью утепляющих грунтовых банкеток, торфяных подушек.

Применение бесфундаментных ("ледневых") опор рекомендуется при явно выраженной неравномерной деформации грунта, наличия погребенного льда или болота на трассе ВЛ.

4.8. Проходка скважин в мерзлых грунтах.

4.8.I. Выбор способа проходки скважин производится с учетом мерзлотно-грунтовых условий площадки и способа погружения свай.

4.8.2. Размеры скважин, форма их поперечного сечения, соотношение площадей поперечных сечений скважины и сваи, определяются их назначением и выбранным способом погружения сваи.

4.8.3. Для круглых свай диаметр лидерной скважины должен быть меньше диаметра сваи как минимум на I см.

4.8.4. Глубина проходки лидерных скважин для бурозабивных свай не должна превышать глубину погружения свай, острие забитой сваи должно находиться ниже забоя скважины.

4.8.5. Если свойства грунтов резко меняются по глубине и в нижележащих слоях грунта возможна забивка без лидерной скважины, ее глубина ограничивается толщиной слоя грунта, в которой непосредственная забивка невозможна (или нерациональна).

4.8.6. Скважины в мерзлых грунтах для забивки или установки свай рекомендуется проходить:

- в глинистых грунтах при температуре до $-2^{\circ}C$ с содержанием включений до 30% сваебойными машинами с трубчатыми бурами;

- в песчаных и глинистых грунтах, независимо от их температуры при наличии крупных включений станками вращательного бурения;

- в грунтах с большим количеством крупнообломочных включений преимущественно станками ударно-канатного бурения, а также агрегатами термомеханического бурения.

4.8.7. При погружении забивных свай в зимнее и весеннее время при наличии слоя сезонномерзлых грунтов целесообразно вначале в слое сезонного промерзания в местах забивки свай проходить скважины, шурфы, траншеи или оттаивать грунт на глубину не менее 80% от толщины сезонномерзлого слоя.

При толщине слоя сезонномерзлых глинистых грунтов менее 0,5 м сваи можно забивать непосредственно с поверхности грунта без проходки скважины.

Приложение I

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ
(из приложения 2 СНиП 2.02.04-88)

Таблица I

Расчетные давления на мерзлые грунты R под нижним концом сваи

Грунты	Глубина погружения свай, м	Расчетные давления, кПа (кГс/см^2), при температуре грунта ^{0}С											
		-0,3	-0,5	-I	-I,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-I0
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
При льдистости $i_l < 0,2$:													
I. Крупнообломочные	При любой глубине	2500 (25,0)	3000 (30,0)	3500 (35,0)	4000 (40,0)	4300 (43,0)	4500 (45,0)	4800 (48,0)	5300 (53,0)	5800 (58,0)	6300 (63,0)	6800 (68,0)	7300 (73,0)
2. Пески крупные и средней крупности	То же	I500 (I5,0)	I800 (I8,0)	2I00 (2I,0)	2400 (24,0)	2500 (25,0)	2700 (27,0)	2800 (28,0)	3I00 (3I,0)	3400 (34,0)	3700 (37,0)	4600 (46,0)	5500 (55,0)
3. Пески мелкие и пылеватые	3-5	850 (8,5)	I300 (I3,0)	I400 (I4,0)	I500 (I4,0)	I700 (I7,0)	I900 (I9,0)	I900 (I9,0)	2000 (20,0)	2I00 (2I,0)	2600 (26,0)	3000 (30,0)	3500 (35,0)
	I0	I000 (I0,0)	I550 (I5,5)	I650 (I6,5)	I750 (I7,5)	2000 (20,0)	2I00 (2I,0)	2200 (22,0)	2300 (23,0)	2500 (25,0)	3000 (30,0)	3500 (35,0)	4000 (40,0)
	I5 и более	II00 (II,0)	I700 (I7,0)	I800 (I8,0)	I900 (I9,0)	2200 (22,0)	2300 (23,0)	2400 (24,0)	2500 (25,0)	2700 (27,0)	3300 (33,0)	3800 (38,0)	4300 (43,0)
4. Супеси	3-5	750 (7,5)	850 (8,5)	II00 (II,0)	I200 (I2,0)	I300 (I3,0)	I400 (I4,0)	I500 (I5,0)	I700 (I7,0)	I800 (I8,0)	2300 (23,0)	2700 (27,0)	3000 (30,0)
	I0	850 (8,5)	950 (I9,5)	I250 (I2,5)	I350 (I3,5)	I450 (I4,5)	I600 (I6,0)	I700 (I7,0)	I900 (I9,0)	2000 (20,0)	2600 (26,0)	3000 (30,0)	3500 (35,0)
	I5 и более	950 (9,5)	I050 (I0,5)	I400 (I4,0)	I500 (I5,0)	I600 (I6,0)	I800 (I8,0)	I900 (I9,0)	2I00 (2I,0)	2200 (22,0)	2900 (29,0)	3400 (34,0)	3900 (39,0)
5. Суглинки и глины	3-5	650 (6,5)	750 (7,5)	850 (8,5)	950 (9,5)	II00 (II,0)	I200 (I2,0)	I300 (I3,0)	I400 (I4,0)	I500 (I5,0)	I800 (I8,0)	2300 (23,0)	2800 (28,0)
	I0	800 (8,0	850 (8,5)	950 (9,5)	II00 (II,0)	I250 (I2,5)	I350 (I3,5)	I450 (I4,5)	I600 (I6,0)	I700 (I7,0)	2000 (20,0)	2600 (26,0)	3000 (30,0)
	I5 и более	900 (9,0)	950 (9,5)	II00 (II,0)	I250 (I2,5)	I400 (I4,0)	I500 (I5,0)	I600 (I6,0)	I800 (I8,0)	I900 (I9,0)	2200 (22,0)	2900 (29,0)	3500 (35,0)

Продолжение табл.I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3	I4
При льдистости грунтов $0,2 \leq i_l \leq 0,4$:													
6. Все виды грунтов, указанные в поз. I-5	3-5	400 (4,0)	500 (5,0)	600 (6,0)	750 (7,5)	850 (8,5)	950 (9,5)	I000 (I0,0)	II00 (II,0)	II50 (II,5)	I500 (I5,0)	I600 (I6,0)	I700 (I7,0)
	I0	450 (4,5)	550 (5,5)	700 (7,0)	800 (8,0)	900 (9,0)	I000 (I0,0)	I050 (I0,5)	II50 (II,5)	I250 (I2,5)	I600 (I6,0)	I700 (I7,0)	I800 (I8,0)
	I5 и более	550 (5,5)	600 (6,0)	750 (7,5)	850 (8,5)	950 (9,5)	I050 (I0,5)	II00 (II,0)	I300 (I3,0)	I350 (I3,5)	I700 (I7,0)	I800 (I8,0)	I900 (I9,0)

Таблица 2

Расчетные давления на мерзлые грунты R под подошвой столбчатого фундамента

Грунты	Расчетные давления, кПа(см^2/см^2), при температуре грунта °С											
	-0,3	-0,5	-I	-I,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-I0
При льдистости грунтов $I_l < 0,2$:												
I. Крупнообломочные и пески крупные и средней крупности	550 (5,5)	950 (9,5)	I250 (I2,5)	I450 (I4,5)	I600 (I6,0)	I800 (I8,0)	I950 (I9,5)	2000 (22,0)	2200 (22,0)	2600 (26,0)	2950 (29,5)	3300 (33,0)
2. Пески мелкие и пылеватые	450 (4,5)	700 (7,0)	900 (9,0)	II00 (II,0)	I300 (I3,0)	I400 (I4,0)	I600 (I6,0)	I700 (I7,0)	I800 (I8,0)	2200 (22,0)	2550 (25,5)	2850 (28,5)
3. Супеси	300 (3,0)	500 (5,0)	700 (7,0)	800 (8,0)	I050 (I0,5)	II50 (II,5)	I300 (I3,0)	I400 (I4,0)	I500 (I5,0)	I900 (I9,0)	2250 (22,5)	2500 (25,0)
4. Суглинки и глины	250 (2,5)	450 (4,5)	550 (5,5)	650 (6,5)	800 (8,0)	900 (9,0)	I000 (I0,0)	II00 (II,0)	I200 (I2,0)	I550 (I5,5)	I900 (I9,0)	2200 (22,0)
При льдистости грунтов $I_l \geq 0,2$:												
5. Все виды грунтов, указанные в поз. I-4	200 (2,0)	300 (3,0)	400 (4,0)	500 (5,0)	600 (6,0)	700 (7,0)	750 (7,5)	850 (8,5)	950 (9,5)	I250 (I2,5)	I550 (I5,5)	I750 (I7,5)

Таблица 3

Расчетные сопротивления мерзлых грунтов и грунтовых растворов сдвигу по поверхности смерзания $R_{\alpha f}$

Грунты	Расчетные сопротивления $R_{\alpha f}$, кПа (кГс/см^2) при температуре грунта оС											
	-0,3	-0,5	-I	-I,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-I0
Глинистые	40 (0,4)	60 (0,6)	I00 (I,0)	I30 (I,3)	I50 (I,5)	I80 (I,8)	200 (2,0)	230 (2,3)	250 (2,5)	300 (3,0)	340 (3,4)	380 (3,8)
Песчаные	50 (0,5)	80 (0,8)	I30 (I,3)	I60 (I,6)	200 (2,0)	230 (2,3)	260 (2,6)	290 (2,9)	330 (3,3)	380 (3,8)	440 (4,4)	500 (5,0)
Известково-песчаный раствор	60 (0,6)	90 (0,9)	I60 (I,6)	200 (2,0)	230 (2,3)	260 (2,6)	280 (2,8)	300 (3,0)	350 (3,5)	400 (4,0)	460 (4,6)	520 (5,2)

Примечание: Значение $R_{\alpha f}$ для известково-песчаного раствора даны для раствора следующего состава: на I м^3 раствора песка среднезернистого - 820л, известкового теста плотностью I,4т/см3 - 300л, воды - 230 л, осадка конуса - I0-I2см. При других составах известково-песчаного раствора, а также для цементно-песчаного раствора значения $R_{\alpha f}$ определяются опытным путем.

Таблица 4

Расчетные сопротивления мерзлых грунтов сдвигу по грунту или грунтовому раствору R_{sh}

Грунты	Расчетные сопротивления R_{sh}, кПа (кГс/см^2), при температуре грунта °С											
	-0,3	-0,5	-I	-I,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-I0
Песчаные	80 (0,8)	I20 (I,2)	I70 (I,7)	2I0 (2,I)	240 (2,4)	270 (2,7)	300 (3,0)	320 (3,2)	340 (3,4)	420 (4,2)	480 (4,8)	540 (5,4)
Глинистые	50 (0,5)	80 (0,8)	I20 (I,2)	I50 (I,5)	I70 (I,7)	I90 (I,9)	2I0 (2,I)	230 (2,3)	250 (2,5)	300 (3,0)	340 (3,4)	380 (3,8)

Таблица 5

Расчетные давления на мерзлые засоленные грунты R под нижним концом сваи

Засоленность грунта D_{sal} %	Расчетные давления R, кПа(кГс/см^2), при температуре грунта, °С											
	-1			-2			-3			-4		
	Глубина погружения сваи, м											
	3-5	I0	I5 и более	3-5	I0	I5 и более	3-5	I0	I5 и более	3-5	I0	I5 и более
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
					Пески мелкие и средние							
0,I	500 (5,0)	600 (6,0)	850 (8,5)	650 (6,5)	850 (8,5)	950 (9,5)	800 (8,0	950 (9,5)	I050 (I0,5)	900 (9,0)	II50 (II,5)	I250 (I2,5)
0,2	I50 (I,5)	250 (2,5)	350 (3,5)	250 (2,5)	350 (3,5)	450 (4,5)	350 (3,5)	450 (4,5)	600 (6,0)	500 (5,0)	600 (6,0)	750 (7,5)
0,3	-	-	-	I50 (I,5)	200 (2,0)	300 (3,0)	250 (2,5)	350 (3,5)	450 (4,5)	350 (3,5)	450 (4,5)	550 (5,5)
0,5	-	-	-	-	-	-	I50 (I,5)	200 (2,0)	300 (3,0)	250 (2,5)	300 (3,0)	400 (4,0)
					Супеси							
0,I5	550 (5,5)	650 (6,5)	750 (7,5)	800 (8,0)	950 (9,5)	I050 (I0,5)	I050 (I0,5)	I200 (I2,0	I350 (I3,5)	I350 (I3,5)	I550 (I5,5)	I700 (I7,0)
0,3	300 (3,0)	350 (3,5)	450 (4,5)	550 (5,5)	650 (6,5)	800 (8,0)	750 (7,5)	900 (9,0)	I050 (I0,5)	I000 (I0,0)	II50 (II,5)	I300 (I3,0)
0,5	-	-	-	300 (3,0)	350 (3,5)	450 (4,5)	450 (4,5)	550 (5,5)	650 (6,5)	650 (6,5)	750 (7,5)	900 (9,0)
I,0	-	-	-	-	-	-	200 (2,0)	250 (2,5)	350 (3,5)	350 (3,5)	450 (4,5)	550 (5,5)
					Суглинки							
0,2	450 (4,5)	500 (5,0)	650 (6,5)	700 (7,0)	800 (8,0)	950 (9,5)	950 (9,5)	I050 (I0,5)	I200 (I2,0)	II50 (II,5)	I300 (I3)	I400 (I4,0)
0,5	I50 (I,5)	250 (2,5)	450 (4,5)	350 (3,5)	450 (4,5)	550 (5,5)	550 (5,5)	650 (6,5)	750 (7,5)	750 (7,5)	850 (8,5)	I000 (I0,0)

Продолжение табл.5

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
0,75	-	-	-	200 (2,0)	250 (2,5)	350 (3,5)	350 (3,5)	450 (4,5)	550 (5,5)	600 (6,0)	600 (6,0)	750 (7,5)
I,00	-	-	-	I50 (I,5)	200 (2,0	300 (3,0)	300 (3,0	350 (3,5)	450 (4,5)	400 (4,0)	500 (5,0)	650 (6,5)

Примечания: I. Приведенные значения R даны для мерзлых засоленных грунтов при их льдистости за счет включений $i_l \leq 0.2$

2. Значения R под подошвой столбчатого фундамента допускается принимать по настоящей таблице как для свай глубиной погружения 3-5 м.

Таблица 6

Расчетные сопротивления мерзлых засоленных грунтов сдвигу по поверхности смерзания $R_{\alpha f}$

Засоленность грунта D_{sal} %	Расчетные сопротивления $R_{\alpha f}$, кПа (кГс/см^2) при температуре грунта, °С				Засоленность грунта D_{sal} %	Расчетные сопротивления $R_{\alpha f}$, кПа (кГс/см^2), при температуре грунта, °С				Засоленность грунта D_{sal} %	Расчетные сопротивления $R_{\alpha f}$, кПа (кГс/см^2) при температуре грунта, °С			
	-I	-2	-3	-4		-I	-2	-3	-4		-I	-2	-3	-4
Пески мелкие и средние					Супеси					Суглинки				
0,I	70 (0,7)	II0 (I,I)	I50 (I,5)	I90 (I,9)	0,I5	80 (0,8)	I20 (I,2)	I60 (I,6)	2I0 (2,I)	0,2	60 (0,6)	I00 (I,0)	I30 (I,3)	I80 (I,8)
0,2	50 (0,5)	80 (0,8)	II0 (I,I)	I40 (I,4)	0,3	60 (0,6)	90 (0,9)	I30 (I,3)	I70 (I,7)	0,5	30 (0,3)	50 (0,5)	90 (0,9)	I20 (I,2)
0,3	40 (0,4)	70 (0,7)	90 (0,9)	I20 (I,2)	0,5	30 (0,3)	60 (0,6)	I00 (I,0)	I30 (I,3)	0,75	25 (0,25)	45 (0,45)	80 (0,8)	II0 (I,I)
0,5	-	50 (0,5)	80 (0,8)	I00 (I,0)	I,0	-	-	50 (0,5)	80 (0,8)	I,0	20 (0,2	40 (0,4)	70 (0,7)	I00 (I,0)

Таблица 7

Расчетные давления на лед R под нижним концом сваи и расчетные сопротивления льда сдвигу по поверхности смерзания с грунтовым раствором $R_{sh,i}$

Температура льда, °С	Расчетные давления, кПа (кГс/см^2)		Температура льда, °С	Расчетные давления, кПа (кГс/см^2)	
	R	$R_{sh,i}$		R	$R_{sh,i}$
-I	50 (0,5)	20 (0,2)	- 3	280 (2,8)	50 (0,5)
-I,5	I00 (I,0)	30 (0,3)	-3,5	260 (2,6)	60 (0,6)
-2	I40 (I,4)	35 (0,35)	-4	280 (2,8)	65 (0,65)
-2,5	I90 (I,9)	45 (0,45)			

Таблица 8

Расчетные давления на мерзлые биогенные грунты R под подошвой столбчатого фундамента и нижним концом сваи, расчетные сопротивления мерзлых биогенных грунтов сдвигу по поверхности смерзания $R_{\alpha f}$ и расчетные сопротивления мерзлых биогенных грунтов сдвигу по грунту или грунтовому раствору R_{sh}

Грунты	Значения R, $R_{\alpha f}$ и R_{sh}, кПа (кГс/см^2), при температуре грунта, °С											
	-0,3	-0,5	-I	-I,5	-2	-2,5	-3	-3,5	-4	-6	-8	-I0
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
Расчетные давления на мерзлые биогенные грунты R под подошвой столбчатого фундамента и нижним концом сваи.												
Песчаные:												
$0,08 < J_{om} \leq 0,I$	I30 (I,3)	I80 (I,8)	250 (2,5)	350 (3,5)	550 (5,5)	700 (7,0)	900 (9,0)	I000 (I0,0)	I200 (I2,0)	I500 (I5,0)	I700 (I7,0)	I900 (I9,0)
$0,I < J_{om} \leq 0,3$	80 (0,8)	I20 (I,2)	I90 (I,9)	300 (3,0)	480 (4,8)	500 (5,0)	600 (6,0)	700 (7,0)	860 (8,6)	I000 (I0,0)	II50 (II,5)	I300 (I3,0)
$0,3 < J_{om} \leq 0,5$	60 (0,6)	90 (0,9)	I30 (I,3)	220 (2,2)	3I0 (3,I)	400 (4,0)	460 (4,6)	550 (5,5)	650 (6,5)	750 (7,5)	850 (8,5)	970 (9,7)
Пылевато-глинистые:												
$0,05 < J_{om} \leq 0,I$	80 (0,8)	I20 (I,2)	200 (2,0)	320 (3,2)	480 (4,8)	590 (5,9)	700 (7,0)	850 (8,5)	I000 (I0,0)	II00 (II,0)	I300 (I3,0)	I500 (I5,0)
$0,I < J_{om} \leq 0,3$	60 (0,6)	90 (9,0)	I50 (I,5)	250 (2,5)	350 (3,5)	420 (4,2)	540 (5,4)	620 (6,2)	700 (7,0)	820 (8,2)	940 (9,4)	I050 (I0,5)
$0,3 < J_{om} \leq 0,5$	40 (0,4)	60 (0,6)	I00 (I,0)	I80 (I,8)	280 (2,8)	350 (3,5)	430 (4,3)	500 (5,0)	570 (5,7)	670 (6,7)	760 (7,6)	860 (8,6)
Торф	20 (0,2)	40 (0,4)	60 (0,6)	I20 (I2)	220 (2,2)	270 (2,7)	320 (3,2)	390 (3,9)	450 (4,5)	520 (5,2)	590 (5,9)	670 (6,7)

Продолжение табл.8

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
Расчетные сопротивления мерзлых биогенных грунтов сдвигу по поверхности смерзания $R_{\alpha f}$												
Песчаные:												
$0,03 < J_{em} \leq 0,1$	50 (0,5)	70 (0,7)	90 (0,9)	I00 (I,0)	I30 (I,3)	I60 (I,6)	I60 (I,6)	I80 (I,8)	2I0 (2,I)	250 (2,5)	280 (2,8)	320 (3,2)
$0,1 < J_{em} \leq 0,3$	30 (0,3)	40 (I0)	50 (0,5)	70 (0,7)	90 (0,9)	II0 (I,I)	I20 (I,2)	I40 (I,4)	I60 (I,6)	I90 (I,9)	220 (2,2)	240 (2,4)
$0,3 < J_{em} \leq 0,5$	20 (0,2)	30 (0,3)	40 (0,4)	60 (0,6)	70 (0,7)	80 (0,8)	90 (0,9)	II0 (I,I)	I30 (I,3)	I50 (I,5)	I70 (I,7)	I90 (I,9)
Пылевато-глинистые:												
$0,05 < J_{em} \leq 0,1$	20 (0,2)	40 (0,4)	60 (0,6)	80 (0,8)	I00 (I,0)	II0 (I,I)	I30 (I,3)	I50 (I,5)	I80 (I,8)	200 (2,0)	230 (2,3)	270 (2,7)
$0,1 < J_{em} \leq 0,3$	I0 (0,I)	20 (0,2)	30 (0,3)	50 (0,5)	60 (0,6)	70 (0,7)	90 (0,9)	I00 (I,0)	I20 (I,2)	I40 (I,4)	I60 (I,6)	I80 (I,8)
$0,3 < J_{em} \leq 0,5$	5 (0,05)	I0 (0,I)	20 (0,2)	30 (0,3)	50 (0,5)	60 (0,6)	80 (0,8)	90 (0,9)	I00 (I,0)	I20 (I,2)	I40 (I,4)	I60 (I,6)
Торф	3 (0,03)	5 (0,05)	8 (0,08)	25 (0,25)	40 (0,4)	50 (0,5)	70 (0,7)	80 (0,8)	90 (0,9)	II0 (I,I)	I20 (I,2)	I40 (I,4)
Расчетные сопротивления мерзлых биогенных грунтов сдвигу по грунту или грунтовому раствору R_{sh}												
Песчаные:												
$0,03 < J_{em} \leq 0,1$	30 (0,3)	60 (0,6)	I00 (I,0)	I40 (I,4)	I60 (I,6)	I90 (I,9)	230 (2,3)	250 (2,5)	270 (2,7)	3I0 (3,I)	330 (3,3)	350 (3,5)
$0,1 < J_{em} \leq 0,3$	I0 (0,I)	30 (0,3)	50 (0,5)	70 (0,7)	II0 (I,I)	I20 (I,2)	I30 (I,3)	I50 (I,5)	I80 (I,8)	200 (2,0)	230 (2,3)	260 (2,6)
$0,3 < J_{em} \leq 0,5$	8 (0,08)	20 (0,2)	40 (0,4)	60 (0,6)	80 (0,8)	90 (0,9)	I00 (I,0)	I20 (I,2)	I40 (I,4)	I50 (I,5)	I80 (I,8)	2I0 (2,I)

Продолжение табл.8

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
Пылевато-глинистые:												
$0,05 < J_{em} \leq 0,1$	20 (0,2)	50 (0,5)	70 (0,7)	90 (0,9)	II0 (I,I)	I20 (I,2)	I40 (I,4)	I70 (I,7)	200 (2,0)	250 (2,5)	270 (2,7)	300 (3,0)
$0,1 < J_{em} \leq 0,3$	5 (0,05)	30 (0,3)	40 (0,4)	50 (0,5)	70 (0,7)	80 (0,8)	I00 (I,0)	II0 (I,I)	I30 (I,3)	I80 (I,8)	I90 (I,9)	200 (2,0)
$0,3 < J_{em} \leq 0,5$	3 (0,03)	20 (0,2)	30 (0,3)	40 (0,4)	60 (0,6)	70 (0,7)	90 (0,9)	I00 (I,0)	II0 (I,I)	I40 (I,4)	I50 (I,5)	I70 (I,7)
Торф	2 (0,02)	I0 (0,2)	20 (0,2)	30 (0,3)	40 (0,4)	60 (0,6)	80 (0,8)	90 (0,9)	I00 (I,0)	I20 (I,2)	I40 (I,4)	I60 (I,6)

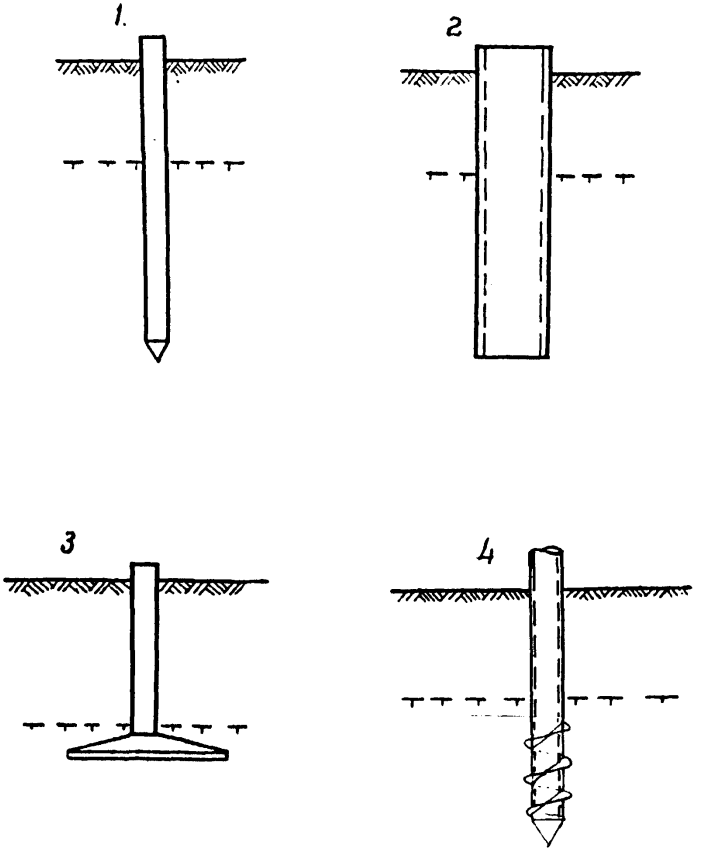


Рис. 1

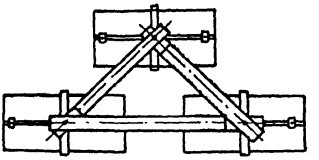


Рис. 2 Поверхностный фундамент.

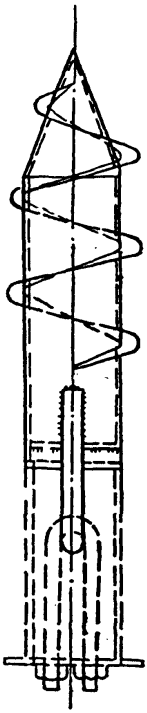


Рис.3 Винтовой анкер

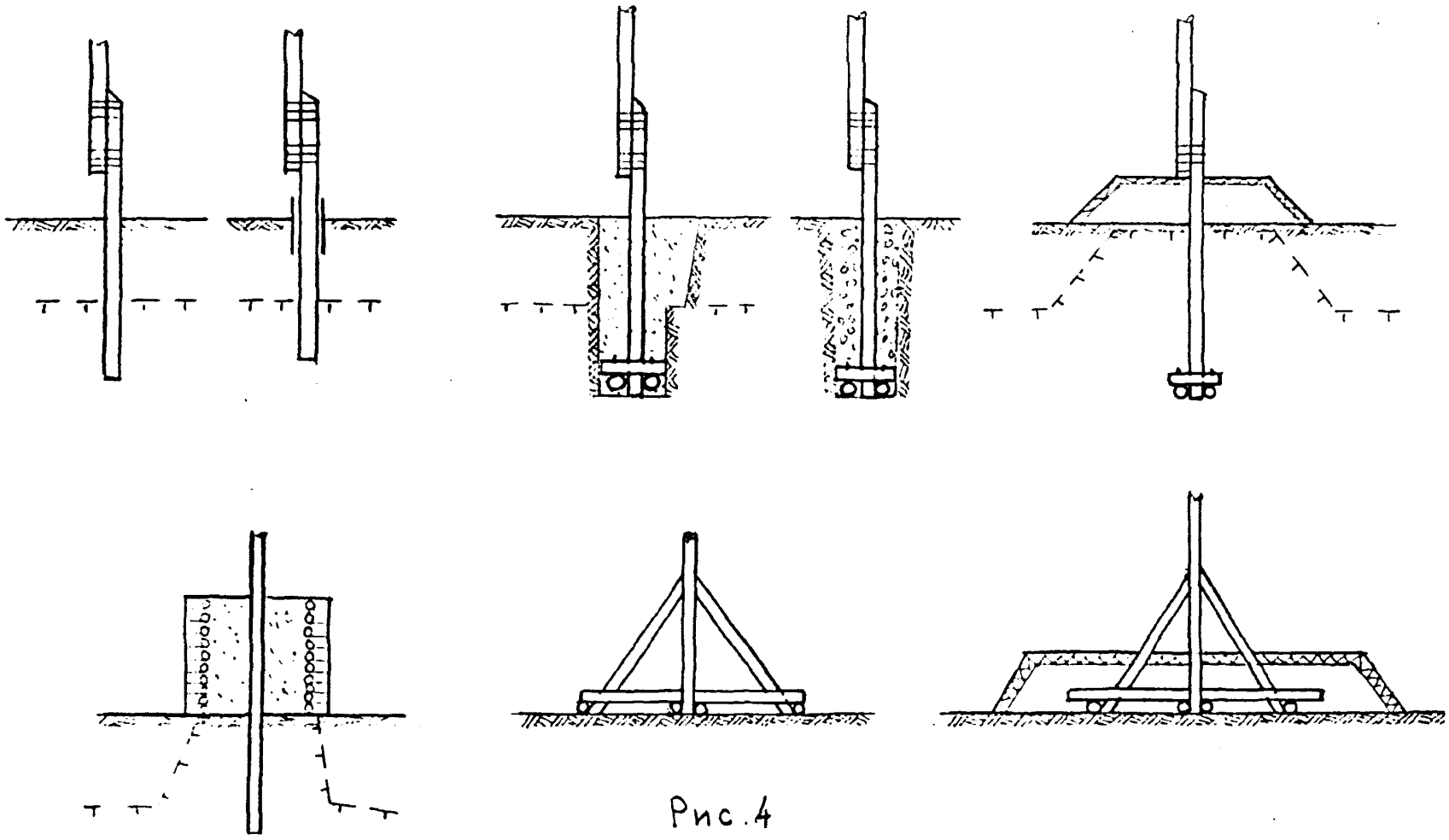
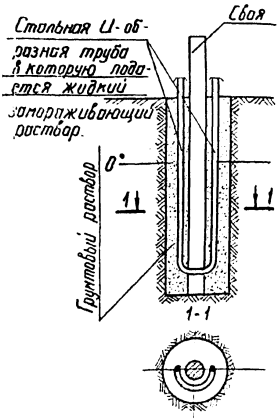
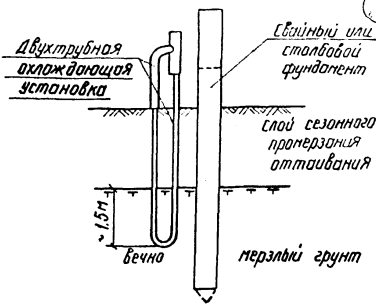


Рис. 4

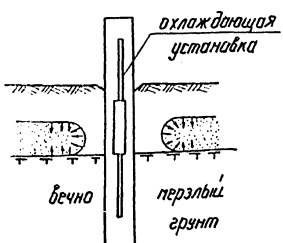
Схемы закрепления или опирания на грунт деревянных опор



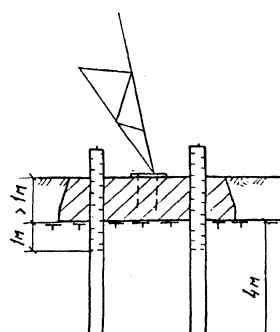
Свая с трубой для машинного охлаждения грунтового раствора и основания



Свайный или столбовой фундамент с двухтрубной охлаждающей установкой



Фундамент с размещенной внутри охлаждающей установкой



Фундамент с использованием металлических свай в качестве охлаждающих установок

gost.e-ecolog.ru

Рис. 5