
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007- 29.120.95-
050-2010**

НОРМЫ
проектирования фундаментов из винтовых свай

Стандарт организации

Дата введения: 18.06.2010

ОАО «ФСК ЕЭС»
2010

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте организации

РАЗРАБОТАН: ОАО «СевЗап НТЦ» филиал «Севзапэнергопроект-Западсельэнергопроект»

ИСПОЛНИТЕЛИ: Л.И. Качановская, П.И. Романов, В.Н. Железков, М.С. Ермошина (ОАО «СевЗап НТЦ»), Ильичев В.А. (АНО АНТЦ РААСН)

ВНЕСЕН: Департаментом систем передачи и преобразования электроэнергии, Дирекцией технического регулирования и экологии ОАО «ФСК ЕЭС»

УТВЕРЖДЕН: приказ ОАО «ФСК ЕЭС» от 18.06.2010 № 429

ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: с 18.06.2010

ВВЕДЕН впервые

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Дирекцию технического регулирования и экологии ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: zhulev-an@fsk-ees.ru.

Настоящий стандарт организации не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС»

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки	4
3 Термины и определения.....	5
4 Общие положения	6
5 Основные указания по расчёту	9
6 Расчёт по прочности материала свай и свайных ростверков	10
7 Расчёт по несущей способности грунта основания свай.....	11
8 Расчёт свай и свайных фундаментов по деформациям.....	24
9 Расчёт фундаментов из винтовых свай по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения	26
10 Конструирование свайных фундаментов	29
11 Устройство свайных фундаментов	32

Введение

Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» «Нормы проектирования фундаментов из винтовых свай» (далее — Стандарт) разработан в соответствии с требованиями Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Стандарт организации по проектированию свайных фундаментов из винтовых свай разработан в развитие обязательных положений и требований СНиП 2.02.01-83*, СНиП 2.02.03-85, СП 50-102-2003; заменяет п. 4.10 СНиП 2.02.03-85 и п.7.2.10 СП 50-102-2003; дополняет СНиП 2.02.04-88 расчётом оснований фундаментов из винтовых свай в вечномёрзлых грунтах.

Стандарт устанавливает требования к проектированию и устройству фундаментов из винтовых свай для электросетевого строительства в различных инженерно-геологических условиях.

Стандарт должен быть пересмотрен в случаях ввода в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, содержащих не учтенные в Стандарте требования, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций.

1 Область применения

Стандарт распространяется на проектирование и устройство свайных фундаментов из винтовых свай объектов электросетевого строительства, в том числе возводимых на территории распространения вечномёрзлых грунтов, определяемой в соответствии с требованиями СНиП 23-01-2003.

Свайные фундаменты объектов электросетевого строительства, возводимых в районах с наличием или возможностью развития опасных геологических процессов следует проектировать с учётом дополнительных требований соответствующих нормативных документов, утверждённых или согласованных Госстроем России.

Винтовые сваи могут применяться во всех видах нескальных грунтов: в природных дисперсных, природных мёрзлых и техногенных. Для использования в немёрзлых (талых и с сезонным промерзанием) грунтах (природных дисперсных и техногенных) предназначены широколопастные винтовые сваи. Для использования в вечномёрзлых (многолетнемёрзлых) грунтах предназначены узколопастные винтовые сваи.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы нормативные ссылки на следующие нормативные документы:

СНиП II-23-81* Стальные конструкции;

СНиП 23-01-2003 Строительная климатология;

СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения;

СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия;

СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений;
СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты;
СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах;
СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии;
СНиП 3.05.06-85 Электротехнические устройства. Производство электромонтажных работ;
СП 50-101-2004 Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений;
СП 50-102-2003 Проектирование и устройство свайных фундаментов;
СП 53-102-2004 Общие правила проектирования стальных конструкций;
ГОСТ 5686-94 Грунты. Методы полевых испытаний сваями;
ГОСТ 19912-2001 Грунты. Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием;
ГОСТ 20522-96 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний;
ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация;
ГОСТ 27772-88* Прокат для строительных стальных конструкций.

Примечание.

При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования - на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем Стандарте организации приведены термины по СП 50-102-2003, СНиП 2.02.04-88, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **свая винтовая** — стальной ствол (труба) со стальной лопастью определённой конфигурации, обеспечивающей включение в работу грунта ненарушенной структуры, завинчиваемая в грунт специальными механизмами;

3.2 **свая винтовая широколопастная** — свая винтовая с отношением диаметра лопасти к диаметру ствола сваи > 1.5 , предназначенная для фундаментов, сооружаемых в немёрзлых (талых и с сезонным промерзанием) грунтах (природных дисперсных и техногенных);

3.3 **свая винтовая узколопастная** — свая винтовая с отношением диаметра лопасти к диаметру ствола сваи < 1.5 , предназначенная для фундаментов, сооружаемых в вечномерзлых (многолетнемёрзлых) грунтах.

Наименования грунтов оснований приняты в соответствии с ГОСТ 25100-95.

4 Общие положения

4.1 Свайные фундаменты из винтовых свай должны проектироваться на основе и с учётом:

- результатов инженерно-геологических изысканий для строительства;
- сведений о сейсмичности района строительства;
- данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности сооружения и условия его эксплуатации;
- действующих на фундаменты нагрузок;
- условий существующей застройки и влияния на неё нового строительства;
- экологических требований;
- технико-экономического сравнения возможных вариантов проектных решений для принятия варианта, обеспечивающего наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик грунтов и физико-механических свойств материалов фундаментов.

4.2 При проектировании фундаментов следует учитывать местные условия строительства, требования к охране окружающей среды, а также имеющийся опыт проектирования, строительства и эксплуатации сооружений в аналогичных инженерно-геологических и гидрологических условиях.

4.3 Инженерно-геологические изыскания должны соответствовать требованиям, изложенным в разделе 5 СП 50-102-2003.

При изысканиях для фундаментов из винтовых свай должны быть определены физические, прочностные и деформационные характеристики грунтов, необходимые для расчётов по предельным состояниям и по устойчивости на воздействие сил морозного пучения:

- угол внутреннего трения φ ;
- удельное сцепление c ;
- удельный вес грунта γ ;
- коэффициент пористости e ;
- показатель текучести I_L ;
- коэффициент водонасыщения S_r ;
- модуль деформации E ;
- относительная деформация морозного пучения ε_{fp} ;
- расчётная удельная касательная сила пучения τ_{fp} ;
- удельное нормальное давление пучения грунта p_{fp} ;

- для набухающих грунтов: относительная деформация набухания без нагрузки ε_{sw} ;
- для просадочных грунтов: относительная деформация просадочности ε_{sl} .

В состав определяемых для расчёта вечномёрзлых оснований характеристик грунтов должны дополнительно входить:

- суммарная влажность W_{tot} ;
- льдистость за счёт видимых ледяных включений i_i ;
- степень заполнения объёма пор мёрзлого грунта льдом и незамёрзшей водой S_r ;
- температура начала замерзания грунта T_{bf} ;
- расчётная среднегодовая температура грунта T_0 ;
- объёмная теплоёмкость мёрзлого грунта c_f ;
- теплопроводность мёрзлого грунта λ_f ;
- степень засоленности грунта D_{sal} ;
- относительное содержание органического вещества I_r (I_{om}) ;
- расчётное давление на мёрзлый грунт R ;
- расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по грунту R_{sh} ;
- расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания фундамента R_{af} ;
- коэффициент сжимаемости мёрзлого грунта δ_f .

Число определений характеристик грунтов для каждого инженерно-геологического элемента должно быть достаточным для их статистической обработки в соответствии с ГОСТ 20522-96 (не менее шести).

4.4 При проектировании свайных фундаментов в сейсмических районах дополнительно следует учитывать требования раздела 12 СП 50-102-2003.

4.5 При проектировании свайных фундаментов в специфических грунтах (просадочных, набухающих, засоленных, органо-минеральных, органических, элювиальных, насыпных, намывных, пучинистых, закреплённых) и в особых условиях дополнительно следует учитывать требования СП 50-101-2004.

4.6 Проектирование фундаментов на винтовых сваях в вечномёрзлых грунтах производится по I принципу (сохранение вечной мерзлоты в процессе строительства и в течение всего периода эксплуатации сооружения). При проектировании фундаментов в вечномёрзлых грунтах должна быть предусмотрена теплоизоляция, обеспечивающая сохранение вечной мерзлоты, в том числе: заполнение внутренней полости каждой сваи грунтом (с коэффициентом водонасыщения $S_r \leq 0.8$ д.е.) или теплоизоляционным материалом, устройство теплоизоляционного патрона или поверхностного слоя на основе теплоизоляционных материалов. Закрепление объектов

электросетевого строительства в засоленных вечномёрзлых грунтах с использованием винтовых свай допускается при возможности использования грунтов по I принципу и находящихся в твёрдомёрзлом состоянии.

4.7 Испытания несущей способности винтовых свай на сжимающие, выдёргивающие и горизонтальные нагрузки проводятся в соответствии с ГОСТ 5686-94.

Необходимость проведения статических испытаний одиночных свай определяется проектной организацией с учётом результатов инженерно-геологических изысканий. В отдельных случаях испытания статическими нагрузками позволяют уточнить и оптимизировать проектную глубину заложения свай.

Испытания свай статическими нагрузками выполняются:

- в случае сложных грунтовых условий, когда сваи погружаются в слабые грунты, представленные торфами, заторфованными грунтами, сапропелями и сапропелитами, текучими суглинками и другими сильносжимаемыми грунтами, а также насыпями;
- если возникают сомнения, что их несущая способность соответствует требованиям проекта (сваи, предназначенные для статического испытания, следует располагать на наиболее нагруженных участках при неблагоприятных грунтовых условиях);
- на участках с характерными для объекта грунтами.

Объём испытаний определяется проектной организацией на стадии разработки рабочего проекта для каждого объекта. Под объектом понимается участок ВЛ или площадка ПС. На каждый вид нагрузки на одной строительной площадке в сходных грунтовых условиях должны быть испытаны, как минимум, две сваи.

При испытании статической выдёргивающей нагрузкой должно быть испытано не менее 0,5 % от общего количества свай на объекте, но не менее 2 штук (двух свай на один вид нагрузки). При испытании свай статической вдавливающей или горизонтальной нагрузкой — не менее 2 штук (двух свай на один вид нагрузки) на объект.

В процессе проведения испытаний необходимо контролировать величину крутящего момента в процессе завинчивания. Величина крутящего момента может быть использована для контроля несущей способности остальных свай, завинчиваемых в сходных грунтовых условиях. Если крутящий момент в конце завинчивания конкретной сваи резко отличается от значений крутящего момента при завинчивании соседних свай или при испытании свай в сходных грунтовых условиях, необходимо остановить работы на данной площадке и обратиться к главному инженеру проекта. По согласованию с проектной организацией может быть принято решение о проведении испытаний данной сваи или завинчивании (увеличении глубины погружения) до сходного значения крутящего момента в конце завинчивания.

4.8 Анतिकоррозионную защиту винтовых свай следует проводить в заводских условиях. Анतिकоррозионное покрытие выбирается в зависимости от степени агрессивности среды в соответствии со СНиП 2.03.11-85 или по техническим условиям завода-изготовителя, если показатели стойкости покрытия не уступают требованиям СНиП 2.03.11-85 в заданных условиях.

5 Основные указания по расчёту

5.1 В соответствии с СП 50-102-2003 расчёт винтовых свай и фундаментных конструкций из винтовых свай должен быть выполнен по предельным состояниям:

а) первой группы:

- по прочности материала свай и свайных ростверков;
- по несущей способности грунта основания свай на сжимающие и выдёргивающие нагрузки;
- по несущей способности грунта оснований свайных фундаментов (по устойчивости), если на них передаются значительные горизонтальные нагрузки, в том числе сейсмические, если сооружение расположено на откосе или вблизи него или если основание сложено круто падающими слоями грунта;

б) второй группы:

- по перемещениям оснований свай и свайных фундаментов от вертикальных нагрузок;
- по перемещениям свай (горизонтальным и углам поворота головы свай) совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов.

В вечномёрзлых и немёрзлых пучинистых грунтах должен быть выполнен расчёт фундаментов из винтовых свай по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения.

Согласно СП 50-102-2003 расчёт по несущей способности, регламентированный последним подпунктом первой группы предельных состояний (по устойчивости), допускается не производить, если конструктивными мероприятиями обеспечена невозможность смещения проектируемого фундамента.

5.2 Глубина погружения в грунт свай должна составлять не менее 5 диаметров лопасти сваи. Глубина погружения в грунт свай, воспринимающих выдёргивающие или горизонтальные нагрузки, должна составлять не менее 4,0 м.

5.3 Нагрузки и воздействия, учитываемые в расчётах свайных фундаментов, коэффициенты надёжности по нагрузке, а также возможные сочетания нагрузок следует принимать в соответствии с требованиями СНиП 2.01.07-85* с учётом указаний СНиП 2.02.01-83*.

Расчёты свай и свайных фундаментов по деформациям следует производить на нормативные нагрузки.

Нагрузки и воздействия, которые по СНиП 2.01.07-85* могут относиться как к длительным, так и к кратковременным, согласно СНиП 2.02.04-88 при расчете вечномёрзлых оснований по несущей способности должны относиться к кратковременным, при расчете оснований по деформациям — к длительным.

5.4 Все расчёты свай, свайных фундаментов и их оснований следует выполнять с использованием расчётных значений характеристик материалов и грунтов.

Расчётные значения характеристик материалов свай и свайных ростверков следует принимать в соответствии с требованиями СНиП II-23-81* и СП 53-102-2004.

6 Расчёт по прочности материала свай и свайных ростверков

6.1 При проектировании фундаментов из винтовых свай необходимо произвести проверку расчётом:

- прочности ствола сваи при действии монтажных нагрузок (завинчивании);
- прочности ствола сваи при сжатии (растяжении) и изгибе;
- прочности винтовой лопасти;
- прочности свайных ростверков.

6.2 В соответствии с СП 50-102-2003 при расчёте свай по прочности материала сваю следует рассматривать как стержень, жёстко защемлённый в грунте в сечении, расположенном от подошвы ростверка на расстоянии не менее l_1 , определяемом по формуле:

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon} \quad (6.1),$$

где

l_0 - длина участка сваи от подошвы высокого ростверка до уровня планировки грунта, м;

α_ε - коэффициент деформации сваи, определяемый в соответствии с приложением Д СП 50-102-2003, 1/м.

6.3 Значение прочности винтовой лопасти может быть найдено как решение дифференциального уравнения изгиба круглой тонкой плиты на упругом однослойном основании с коэффициентом жёсткости, зависящим от материала лопасти.

6.4 Расчёт прочности металлических свайных ростверков следует производить в соответствии с требованиями СНиП II-23-81* и СП 53-102-2004.

Расчёт прочности монолитных железобетонных ростверков следует производить в соответствии с требованиями СНиП 52-01-2003.

7 Расчёт по несущей способности грунта основания свай

7.1 Выбор типоразмера свай (диаметра лопасти, диаметра ствола и длины свай) и их количества в фундаментной конструкции по несущей способности грунтов основания производится, исходя из условий:

$$N_d^f \leq N_d \quad (7.1),$$

$$N_{du}^f \leq N_{du} \quad (7.2),$$

где

N_d^f - расчётная сжимающая нагрузка, передаваемая на фундаментную конструкцию, κH ;

N_d - расчётная несущая способность на сжимающие нагрузки грунта основания фундаментной конструкции, κH ;

N_{du}^f - расчётная выдёргивающая нагрузка, передаваемая на фундаментную конструкцию, κH ;

N_{du} - расчётная несущая способность на выдёргивающие нагрузки грунта основания фундаментной конструкции, κH .

7.2 Расчётная несущая способность на сжимающие и выдёргивающие нагрузки грунта основания фундаментной конструкции определяется по формуле:

$$N_{d,du} = \frac{n \cdot F_{d,du}}{\gamma_k} \quad (7.3),$$

где

n - количество свай в фундаментной конструкции;

$F_{d,du}$ - несущая способность сваи на сжимающие или выдёргивающие нагрузки, определяемая по данным полевых испытаний или по физико-механическим характеристикам грунтов, κH ;

γ_k - коэффициент надёжности, определяемый в соответствии с п. 7.3.

7.3 Коэффициент надёжности γ_k определяется в соответствии с указаниями СП 50-102-2003 и принимается в зависимости от числа свай в фундаменте равным:

1.75 (1.6) - при одной и менее 5 свай;

1.65 (1.5) - от 6 до 10 свай;

1.55 (1.4) - от 11 до 20 свай;

1.4 (1.25) - при 21 свае и более.

В скобках даны значения при определении несущей способности свай по результатам полевых испытаний статической нагрузкой или расчётом по результатам статического зондирования грунтов.

7.4 При наличии результатов полевых исследований несущую способность грунта основания винтовых свай следует определять с учётом данных статического зондирования грунтов. В случае проведения испытаний

свай статической нагрузкой несущую способность грунта основания сваи следует принимать по результатам этих испытаний.

7.5 Проверка по устойчивости грунта основания свайного фундамента должна производиться в соответствии с требованиями СНиП 2.02.01-83* и СП 50-101-2004 с учётом действия дополнительных горизонтальных реакций от свай, приложенных к сдвигаемой части грунта.

7.6 Расчёт несущей способности винтовой сваи по физико-механическим характеристикам немерзлых грунтов

7.6.1 Несущую способность винтовой сваи (грунта основания винтовой сваи), работающей на выдёргивающие и сжимающие нагрузки, по физико-механическим характеристикам немерзлых грунтов следует определять по формуле:

$$F_{d,du} = \gamma_c [\gamma_{cR} (\alpha_1 c_I + \alpha_2 \gamma_I L) A + \gamma_{cf} f u (L_1 - D)] \quad (7.4),$$

где

F_d - несущая способность винтовой сваи при действии сжимающей силы, направленной перпендикулярно плоскости лопасти, κH ;

F_{du} - несущая способность винтовой сваи при действии выдёргивающей силы, разнонаправленной со сжимающей силой, κH ;

γ_c - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с п. 7.1.3;

γ_{cR} - коэффициент условий работы грунта в рабочей зоне, принимаемый по таблице 1;

α_1, α_2 - безразмерные коэффициенты, принимаемые по таблице 2 в зависимости от значения φ_I ;

φ_I - расчётное значение угла внутреннего трения в рабочей зоне, град;

c_I - расчётное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне, $\kappa Па$;

γ_I - приведённое значение расчётного удельного веса грунтов, принимаемое с учётом п. 7.1.4 и п. 7.1.5, $\kappa H/м^3$;

L - глубина погружения лопасти, считая от поверхности природного рельефа, $м$;

A - проекция рабочей площади лопасти, определяемая в соответствии с п. 7.1.6, $м^2$;

γ_{cf} - коэффициент условий работы грунта на боковой поверхности сваи, принимаемый равным 1;

f - приведённое расчётное значение сопротивления грунта на боковой поверхности ствола сваи, принимаемое в соответствии с СП 50-102-2003 по таблице 3 с учётом п. 7.1.5, $\kappa Па$;

u - периметр поперечного сечения ствола сваи, $м$;

L_1 - длина ствола сваи, погружённой в грунт, $м$;

D - диаметр лопасти сваи, м.

7.6.2 Под рабочей зоной понимается прилегающий к лопасти со стороны её рабочей поверхности слой грунта толщиной, равной диаметру лопасти: при работе на выдёргивание — над лопастью, на сжатие — под лопастью.

7.6.3 Коэффициент условий работы γ_c принимается в зависимости от вида нагрузки:

при расчёте на сжатие:

1.2 - для объектов электросетевого строительства, фундаменты которых не работают на выдёргивающие нагрузки;

1.2 - для нормальных промежуточных опор;

0.8 - для специальных опор (применяемых на больших переходах);

1.0 - в остальных случаях (в том числе для анкерных опор);

при расчёте на выдёргивание:

1.0 - для нормальных промежуточных опор;

0.85 - для анкерных прямых без разности тяжений;

0.8 - для угловых (промежуточных и анкерных), анкерных (прямых и концевых) с разностью тяжений, порталов открытых распределительных устройств;

0.6 - для специальных опор (применяемых на больших переходах);

1.0 - в остальных случаях.

7.6.4 Расчётное значение удельного веса водонасыщенных грунтов рассчитывается с учётом взвешивающего действия воды по формуле:

$$\gamma' = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{1 + e} \quad (7.5),$$

где

γ' - удельный вес грунта с учётом взвешивающего действия воды, $\text{кН}/\text{м}^3$;

γ_s - удельный вес частиц грунта, $\text{кН}/\text{м}^3$;

γ_w - удельный вес воды, принимаемый равным $9.8 \text{ кН}/\text{м}^3$;

e - коэффициент пористости грунта природного сложения.

7.6.5 При слоистом напластовании грунтов приведённые расчётные значения удельного веса грунта γ_l , лежащего выше винтовой лопасти, и сопротивления грунта на боковой поверхности ствола сваи f определяются по формулам:

$$\gamma_l = \frac{\sum_i \gamma_{l,i} \cdot h_i}{\sum_i h_i}, \quad f = \frac{\sum_i f_i \cdot h_i}{\sum_i h_i} \quad (7.6),$$

где

$\gamma_{l,i}$ - расчётный удельный вес i -ого слоя грунта, расположенного выше винтовой лопасти, $кН/м^3$;

f_i - расчётное сопротивление i -ого слоя грунта на боковой поверхности ствола сваи, $кПа$;

h_i - толщина i -ого слоя грунта, $м$.

7.6.6 При расчёте на выдёргивающую нагрузку проекция рабочей площади лопасти A рассчитывается без учёта площади сечения ствола по формуле:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 \quad (7.7),$$

где

d - диаметр ствола сваи, $м$.

При расчёте на сжимающую нагрузку проекция рабочей площади лопасти A сваи с открытым (цилиндрическим) наконечником рассчитывается по формуле 7.7, сваи с закрытым (коническим) наконечником — по внешнему диаметру лопасти по формуле:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \quad (7.8).$$

Таблица 1

Коэффициент условий работы γ_{cr} в зависимости вида нагрузки и разновидности грунта.

Разновидность грунта:		Вид нагрузки:	
		сжимающая	выдёргивающая
крупнообломочные	галечниковые, гравийные	1.0	0.9
пески	гравелистые, крупные	1.0	0.9
	средней крупности	0.85	0.75
	мелкие	0.85	0.7
	пылеватые	0.85	0.65
супеси	твёрдые	0.9	0.7
	пластичные	0.85	0.65
	текучие	0.8	0.6
суглинки	твёрдые, полутвёрдые	1.3	1.1
	тугопластичные	1.2	1.0

Разновидность грунта:		Вид нагрузки:	
		сжимающая	выдёргивающая
	мягкопластичные	1.0	0.8
	текучепластичные	0.9	0.7
	текучие	0.8	0.6
глины	твёрдые, полутвёрдые	1.4	1.2
	тугопластичные	1.3	1.1
	мягкопластичные	1.1	0.9
	текучепластичные	1.0	0.8
	текучие	0.9	0.7

Таблица 2

Значения коэффициентов α_1 и α_2 в зависимости от расчётного значения угла внутреннего трения в рабочей зоне φ_1 .

Значения безразмерных коэффициентов	Расчётное значение угла внутреннего трения в рабочей зоне φ_1 , град											
	13	15	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
α_1	7.8	8.4	9.4	10.1	12.1	15.0	18.0	23.1	29.5	38.0	48.4	64.9
α_2	2.8	3.3	3.8	4.5	5.5	7.0	9.2	12.3	16.5	22.5	31.0	44.4

Таблица 3

Расчётное сопротивление грунта на боковой поверхности ствола сваи f в зависимости от разновидности грунта, $\kappaПа$.

Средняя глубина располо- жения слоя грунта, м	Песчаные грунты средней плотности									
	крупные и средней крупности	мелкие	пылеватые	-	-	-	-	-	-	-
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
4	53	38	27	22	16	9	8	7	5	

5	56	40	29	24	17	10	8	7	6
6	58	42	31	25	18	10	8	7	6
8	62	44	33	26	19	10	8	7	6
10	65	46	34	27	19	10	8	7	6

Примечания к таблице 3:

1. Для промежуточных глубин погружения свай и промежуточных значений показателя текучести глинистых грунтов значения f определяются интерполяцией.

2. Значения f плотных песчаных грунтов следует увеличивать на 30 % по сравнению со значениями, приведёнными в таблице.

3. Расчётные сопротивления супесей и суглинков с коэффициентом пористости $e < 0.5$ и глин с коэффициентом пористости $e < 0.6$ следует увеличивать на 15 % по сравнению со значениями, приведёнными в таблице при любых значениях показателя текучести.

7.7 Расчёт несущей способности винтовой сваи по физико-механическим характеристикам вечномёрзлых грунтов

7.7.1 Несущую способность винтовой сваи (грунта основания винтовой сваи), работающей на выдёргивающие и сжимающие нагрузки, по физико-механическим характеристикам вечномёрзлых (многолетнемёрзлых) грунтов следует определять по формуле:

$$F_{d,du} = \gamma_c \gamma_t \left[R A + R_{sh} A_{sh} + \sum_i R_{af,i} A_{af,i} \right] \quad (7.9),$$

где

F_d - несущая способность винтовой сваи при действии сжимающей силы, направленной перпендикулярно плоскости лопасти, κH ;

F_{du} - несущая способность винтовой сваи при действии выдёргивающей силы, разнонаправленной со сжимающей силой, κH ;

γ_c - коэффициент условий работы, определяемый в соответствии с п. 7.2.2;

γ_t - температурный коэффициент, учитывающий изменение температуры грунтов основания в период строительства и эксплуатации сооружения, принимаемый в соответствии со СНиП 2.02.04-88, в частности при расчётах оснований линий электропередач и других линейных сооружений принимаемый равным $\gamma_t = 0.8$;

R - расчётное давление на мёрзлый грунт под нижним концом сваи при расчётной температуре T_z на глубине z , равной глубине погружения сваи, отсчитываемой от кровли вечномёрзлого грунта, $\kappa Па$;

A - проекция рабочей площади лопасти, определяемая в соответствии с п. 7.2.3, $м^2$;

R_{sh} - расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по грунту в пределах винтовой части, $кПа$;

A_{sh} - площадь поверхности сдвига по грунту в пределах винтовой части, определяемая в соответствии с п. 7.2.4, $м^2$;

$R_{af,i}$ - расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по боковой поверхности смерзания ствола сваи без учёта винтовой части в пределах i -ого слоя грунта, $кПа$;

$A_{af,i}$ - площадь поверхности смерзания i -ого слоя грунта с боковой поверхностью ствола винтовой сваи в пределах высоты смерзания, $м^2$.

7.7.2 Для фундаментов опор ВЛ коэффициент условий работы γ_c принимается в зависимости от вида нагрузки:

при расчёте на сжатие:

1.2 - для нормальных промежуточных опор;

0.8 - для специальных опор (применяемых на больших переходах);

1.0 - для остальных типов опор;

при расчёте на выдёргивание:

1.0 - для нормальных промежуточных опор;

0.85 - для анкерных прямых без разности тяжений;

0.8 - для угловых (промежуточных и анкерных), анкерных (прямых и концевых) с разностью тяжений, порталов открытых распределительных устройств;

0.6 - для специальных опор (применяемых на больших переходах);

1.0 - для остальных типов опор.

Для фундаментов остальных объектов электросетевого строительства коэффициент условий работы γ_c принимается по графику рисунка 1 в зависимости от температуры грунта на глубине z_v , соответствующей середине винтовой части сваи.

7.7.3 При расчёте на сжимающую нагрузку проекция рабочей площади лопасти A сваи с открытым (цилиндрическим) наконечником рассчитывается по внешнему диаметру лопасти без учёта толщины стенки ствола сваи по формуле:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{d}{2} - \delta \right)^2, \quad (7.10)$$

где

D - диаметр лопасти сваи, $м$;

d - диаметр ствола сваи, $м$;

δ - толщина стенки ствола сваи, $м$.

При расчёте на выдёргивающую нагрузку проекция рабочей площади лопасти A сваи с открытым (цилиндрическим) наконечником рассчитывается без учёта площади сечения ствола по формуле:

$$A = \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 - \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2. \quad (7.11)$$

7.7.4 Площадь поверхности сдвига по грунту в пределах винтовой части A_{sh} рассчитывается по формуле:

$$A_{sh} = \pi D (h_v + D), \quad (7.12)$$

где

h_v - высота винтовой части сваи, м.

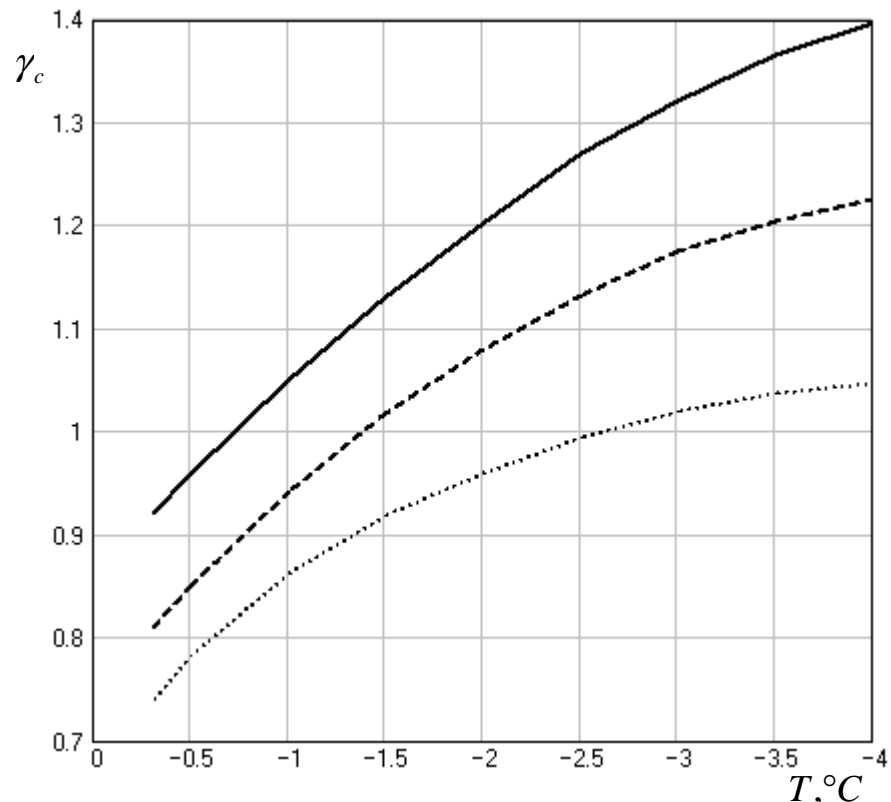


Рисунок 1 - Зависимость коэффициента условий работы γ_c от температуры грунта на глубине, соответствующей середине винтовой части сваи, при работе на:

— сжатие, •— вырывание, сжатие и вырывание при сильнольдистых, засоленных и биогенных грунтах.

7.7.5 Для однородных вечномерзлых грунтов несущая способность винтовой сваи, работающей на выдёргивающие и сжимающие нагрузки, определяется по формуле:

$$F_{d,du} = \gamma_c \gamma_t [R A + R_{sh} A_{sh} + R_{af} A_{af}], \quad (7.13)$$

где

R_{af} - расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по боковой поверхности смерзания ствола сваи без учёта винтовой части при температуре грунта T_e , кПа;

A_{af} - площадь поверхности смерзания грунта с боковой поверхностью ствола винтовой сваи без учёта винтовой части, м^2 .

7.7.6 Расчётные давления на мёрзлые грунты R , расчётные сопротивления мёрзлых грунтов сдвигу по поверхностям смерзания фундаментов R_{af} и расчётные сопротивления мёрзлых грунтов сдвигу по грунту R_{sh} определяются в соответствии с приложением 2 СНиП 2.02.04-88.

Расчётное значение сопротивления мёрзлого грунта сдвигу по поверхности смерзания R_{af} принимается с коэффициентом для металлических поверхностей из горячекатаного проката $\gamma_{af} = 0.7$.

На основании п. 4.8 СНиП 2.02.04-88 табличные значения R и R_{af} в расчётах следует умножать на повышающий коэффициент $n_t = 1.6$, что соответствует времени действия кратковременных (ветровых) нагрузок $t \approx 10$ мин и продолжительности перерывов между порывами ветра до 10 мин.

7.7.7 При расчётах несущей способности оснований значения расчётного давления на мёрзлый грунт под нижним концом сваи R принимаются при расчётной температуре T_z на глубине z , равной глубине погружения сваи, отсчитываемой от кровли вечномерзлого грунта:

$$z = L_1 - d_{th} - h_t, \quad (7.14)$$

где

L_1 - расчётная длина сваи, отсчитываемая от уровня дневной поверхности, м;

d_{th} - расчётная глубина сезонного промерзания - оттаивания, м;

h_t - толщина талого слоя грунта при несливающейся мерзлоте, м.

7.7.8 При расчётах по формулам 7.9 и 7.13 значение расчётного сопротивления мёрзлого грунта сдвигу по грунту в пределах винтовой части R_{sh} принимается при температуре T_{z_v} на глубине z_v , соответствующей середине винтовой части сваи:

$$z_v = L_1 - d_{th} - h_t - \frac{h_v}{2}. \quad (7.15)$$

7.7.9 При расчётах по формуле 7.9 значение расчётного сопротивления мёрзлого грунта сдвигу по боковой поверхности смерзания ствола сваи без учёта винтовой части в пределах i -ого слоя грунта $R_{af,i}$ принимается при температуре T_{z_i} на глубине середины i -ого слоя грунта z_i , отсчитываемой от кровли вечномерзлого грунта. Высота поверхности смерзания отсчитывается от кровли вечномерзлого грунта.

При расчётах по формуле 7.13 расчётное значение R_{af} принимается при средней (эквивалентной) температуре вечномерзлого грунта T_e на глубине z_s , соответствующей глубине погружения середины ствола сваи без учёта винтовой части:

$$z_s = \frac{L_1 - d_{th} - h_t - h_v}{2}. \quad (7.16)$$

7.7.10 Расчётные температуры грунтов T_z и T_e определяются расчётом теплового взаимодействия сооружения с вечномёрзлыми грунтами основания в периодически установившемся тепловом режиме с учётом переменных в годовом периоде условий теплообмена на поверхности, формы и размеров сооружения, глубины заложения и расположения фундаментов в плане, а также теплового режима сооружения и принятых способов и средств сохранения мёрзлого состояния грунтов основания.

Для оснований свайных фундаментов опор линий электропередачи, трубопроводов и антенно-мачтовых сооружений расчётные температуры T_z и T_e допускается определять по формуле:

$$T_{z,e} = (T_0 - T_{bf}) \cdot \alpha_{z,e} \cdot k_{ts} + T_{bf}, \quad (7.17)$$

где

T_z - температура вечномёрзлого грунта на данной глубине z от его верхней поверхности, принимаемая на момент установления температуры T_e , °C;

T_e - максимальная в годовом периоде средняя по глубине заложения фундамента температура вечномёрзлого грунта в установившемся эксплуатационном режиме (эквивалентная температура грунта), °C;

T_0 - расчётная среднегодовая температура вечномёрзлого грунта (на глубине 10 м от поверхности грунта), °C;

T_{bf} - температура начала замерзания грунта, °C, принимаемая для незасоленных песчаных и крупнообломочных грунтов по ГОСТ 25100-95 равной 0°C, для предварительных расчётов оснований — в зависимости от вида грунта и концентрации порового раствора в соответствии с приложением 1 СНиП 2.02.04-88;

α_z, α_e - безразмерные коэффициенты сезонного изменения температуры грунтов основания, принимаемые по табл. 4 в зависимости от значения параметра $z \sqrt{c_f / \lambda_f}$;

z - глубина, отсчитываемая от кровли вечномёрзлого грунта, на которой рассчитывается температура, м;

c_f - объёмная теплоёмкость мёрзлого грунта, принимаемая в соответствии с приложением 1 СНиП 2.02.04-88, Дж/(м³·°C);

λ_f - теплопроводность мёрзлого грунта, принимаемая в соответствии с приложением 1 СНиП 2.02.04-88, Вт/(м·°C);

k_{ts} - коэффициент теплового влияния изменения поверхностных условий при возведении фундамента, принимаемый в зависимости от вида фундамента и глубины z , на которой рассчитывается температура, по табл. 5, м.

Таблица 4

Коэффициенты сезонного изменения температуры грунтов основания α_z
и α_e

Коэффициенты	Значение параметра $z\sqrt{c_f/\lambda_f}, \sqrt{\text{сек}}$									
	0	1000	2000	3000	4000	6000	8000	10000	15000	20000
α_z	0	0.3	0.52	0.67	0.8	0.95	1.02	1.03	1.01	1.0
α_e	0	0.14	0.26	0.38	0.47	0.61	0.7	0.77	0.85	0.9

Таблица 5

Коэффициент теплового влияния k_{ts} .

Виды фундаментов из винтовых свай	Коэффициент теплового влияния k_{ts} , м, при глубине z , м		
	до 2	от 2 до 6	свыше 6
с ростверком, заглубленным в грунт	0.7	0.9	1.0
с высоким ростверком	0.9	1.0	1.0

7.8 Расчёт несущей способности винтовой сваи по данным полевых испытаний

7.8.1 Несущая способность винтовой сваи (грунта основания винтовой сваи), работающей на выдёргивающие и сжимающие нагрузки, может быть определена по результатам статических испытаний свай и испытаний грунтов статическим зондированием в соответствии с СП 50-102-2003 и СНиП 2.02.04-88. Несущая способность винтовой сваи, работающей на горизонтальные нагрузки, (грунта основания винтовой сваи и прочности материала винтовой сваи), может быть определена по результатам статических испытаний свай.

7.8.2 Испытания свай статическими нагрузками проводятся в соответствии с ГОСТ 5686-94, испытания грунтов статическим зондированием - ГОСТ 19912-2001. Для определения несущей способности винтовых свай по результатам статических испытаний в одинаковых грунтовых условиях должно быть проведено не менее двух испытаний.

7.8.3 Несущая способность основания одиночной винтовой сваи по результатам полевых испытаний свай выдёргивающей, сжимающей или

горизонтальными статическими нагрузками в немерзлых грунтах в соответствии с СП 50-102-2003 определяется по формуле:

$$F_p = \frac{\gamma_c}{\gamma_g} F_{u,n}, \quad (7.18)$$

где

F_p - несущая способность винтовой сваи при действии выдёргивающей, сжимающей или горизонтальной силы, κH ;

γ_c - коэффициент условий работы, в случае сжимающих и выдёргивающих нагрузок принимаемый по п. 7.1.3, в случае горизонтальных нагрузок принимаемый равным 1;

γ_g - коэффициент надёжности по грунту, принимаемый в соответствии с п. 7.3.5;

$F_{u,n}$ - нормативное значение предельного сопротивления сваи, κH .

7.8.4 Несущая способность основания одиночной винтовой сваи по результатам полевых испытаний свай выдёргивающей или сжимающей статическими нагрузками в вечномёрзлых грунтах согласно СНиП 2.02.04-88 определяется по формуле:

$$F_p = \frac{\gamma_t}{\gamma_g} k F_{u,n}, \quad (7.19)$$

где

γ_t - температурный коэффициент, учитывающий изменение температуры грунтов основания в период строительства и эксплуатации сооружения, принимаемый в соответствии со СНиП 2.02.04-88, в частности при расчётах оснований линий электропередач и других линейных сооружений принимаемый равным $\gamma_t = 0.8$;

$k = \frac{F_{d,du}}{F_{u,t}}$ - безразмерный коэффициент, учитывающий различие в

условиях работы опытной и проектируемой свай;

$F_{d,du}$ - несущая способность проектируемой винтовой сваи при действии сжимающей или выдёргивающей силы, определяемая согласно разделу 7.2 при расчётных температурах грунта, κH ;

$F_{u,t}$ - несущая способность опытной винтовой сваи при действии сжимающей или выдёргивающей силы при измеренных при испытаниях температурах грунта, κH .

7.8.5 В случае если число свай, испытанных в одинаковых грунтовых условиях, составляет менее шести, нормативное значение предельного сопротивления сваи следует принимать равным наименьшему предельному сопротивлению, полученному из результатов испытаний, значение коэффициента надёжности по грунту для талых грунтов - $\gamma_g = 1$, вечномёрзлых - $\gamma_g = 1.1$.

Если число испытанных в одинаковых грунтовых условиях свай составляет 6 и более, $F_{u,n}$ и γ_g следует определять на основании статистической обработки частных значений предельных сопротивлений свай, полученных по данным испытаний, руководствуясь требованиями ГОСТ 20522-96.

7.8.6 При испытании свай выдёргивающей или горизонтальной статическими нагрузками за частное значение предельного сопротивления F_u по графикам зависимости перемещений от нагрузок принимается нагрузка на одну ступень менее нагрузки, без увеличения которой перемещения свай непрерывно возрастают.

При испытании винтовых свай на сжатие если сжимающая нагрузка доведена до значения, вызывающего непрерывное возрастание осадки свай s без увеличения нагрузки (при $s \leq 20 \text{ мм}$), то эту нагрузку принимают за частное значение предельного сопротивления испытываемой сваи.

При испытании винтовых свай на выдёргивание или горизонтальную нагрузку если выдёргивающая или горизонтальная нагрузка доведена до значения, вызывающего непрерывное возрастание перемещения свай s без увеличения нагрузки (при $s \leq 15 \text{ мм}$), то эту нагрузку принимают за частное значение предельного сопротивления испытываемой сваи.

В остальных случаях за частное значение предельного сопротивления сваи F_u выдёргивающей, сжимающей или горизонтальной нагрузке следует принимать нагрузку, под действием которой испытываемая свая получит перемещение s , определяемое по формуле:

$$s = 0.05 D, \quad (7.20)$$

где

D - диаметр лопасти сваи, м.

Если осадка, определённая по формуле 7.20, окажется более 40 мм, то за частное значение предельного сопротивления сваи F_u сжимающей нагрузке принимается нагрузка, соответствующая $s = 40 \text{ мм}$.

Если выход или горизонтальное перемещение, определённое по формуле 7.20, окажется более 25 мм, то за частное значение предельного сопротивления сваи F_u выдёргивающей или горизонтальной нагрузке принимается нагрузка, соответствующая $s = 25 \text{ мм}$.

Если при максимально достигнутой при испытаниях нагрузке равной или более $1.5 F_{d,du}^f$ (где $F_{d,du}^f$ - принятая в проекте расчётная нагрузка, передаваемая на сваю), перемещение сваи окажется менее значения, определённого по формуле 7.20, то за частное значение предельного сопротивления сваи F_u допускается принимать максимальную нагрузку, полученную при испытаниях.

8 Расчёт свай и свайных фундаментов по деформациям

8.1 В соответствии с требованиями СП 50-102-2003 расчёт свай и свайных фундаментов по деформациям следует производить, исходя из условия:

$$s \leq s_u, \quad (8.1)$$

где

s - совместная деформация сваи, свайного фундамента и сооружения (осадка, перемещение, относительная разность осадок свай, свайных фундаментов, крены свайных фундаментов), определяемая в соответствии с п. 8.3 и п. 8.4, м;

s_u - предельное значение совместной деформации основания сваи, свайного фундамента и сооружения, устанавливаемое в соответствии с СП 50-101-2004 и СНиП 2.02.01-83*, м.

8.2 Расчёт оснований свай и свайных фундаментов по деформациям (по предельным состояниям второй группы) не требуется:

- для вечномёрзлых твёрдомёрзлых грунтов в соответствии с СНиП 2.02.04-88;

- для немёрзлых грунтов, если:

- фундамент работает на выдёргивающие нагрузки в соответствии с СП 50-102-2003, за исключением фундаментов анкерных, анкерно-угловых, концевых и переходных опор;

- фундамент работает только на сжимающие нагрузки, и в пределах рабочей зоны залегают плотные пески, крупнообломочные и твёрдые глинистые грунты.

8.3 Для вечномёрзлых пластичномёрзлых, сильнольдистых грунтов и подземных льдов расчёт оснований свай и свайных фундаментов по деформациям (кроме расчёта по перемещениям совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов) следует производить по данным полевых испытаний статической вдавливающей и выдёргивающей нагрузкой в соответствии с СНиП 2.02.04-88.

8.4 Расчёт свай и свайных фундаментов по деформациям (кроме расчёта по перемещениям совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов) для немёрзлых грунтов следует сводить к ограничению расчётной величины сжимающей и выдёргивающей нагрузки, действующей на сваю от сооружения:

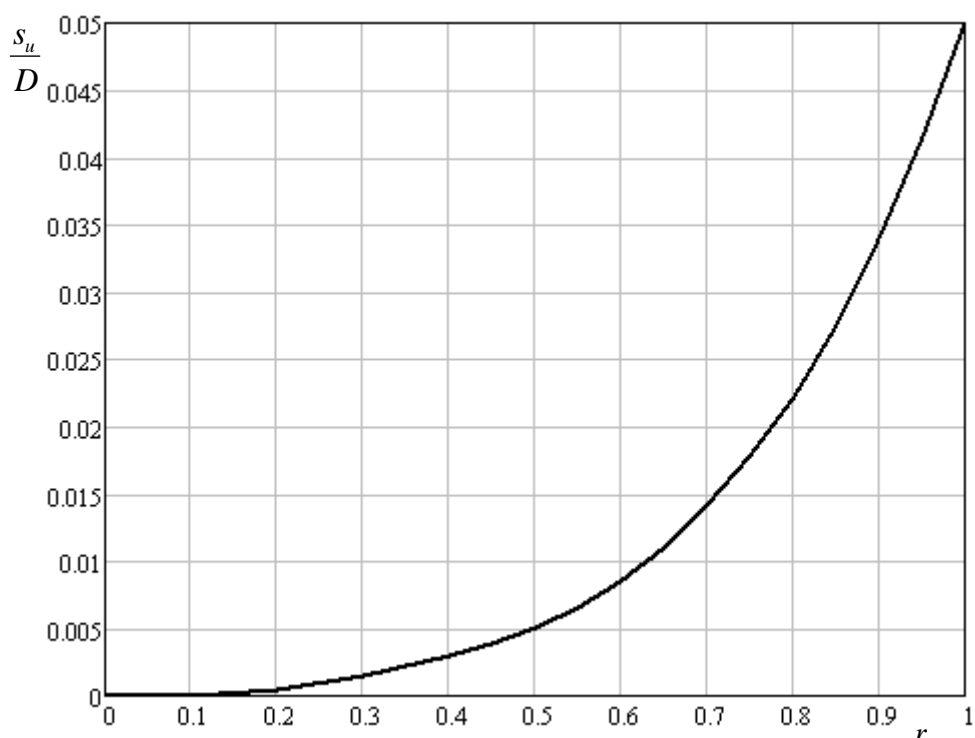
$$N_{d,du}^s \leq r \cdot F_{d,du}, \quad (8.2)$$

где

$N_{d,du}^s$ - расчётная сжимающая или выдёргивающая нагрузка, передаваемая на сваю от сооружения, кН ;

r - безразмерный коэффициент, зависящий от отношения предельно допустимого перемещения винтовой сваи s_u , м, к диаметру лопасти сваи D , м, и определяемый по графику рис. 2;

$F_{d,du}$ - несущая способность винтовой сваи при действии сжимающей или выдёргивающей силы, направленной перпендикулярно плоскости



лопасти, определяемая в соответствии с разделом 7, κH .

Рисунок 2 - Зависимость коэффициента r от отношения предельно допустимого перемещения винтовой сваи s_u к диаметру лопасти сваи D .

8.5 Расчёт свай по перемещениям совместно с грунтом оснований от действия горизонтальных нагрузок и моментов следует выполнять:

- для вечномерзлых грунтов в соответствии с приложением 6 СНиП 2.02.04-88;
- для немерзлых грунтов в соответствии с приложением Д СП 50-102-2003.

Предельное значение угла поворота сваи следует принимать $\psi_u = 0.01 \text{ рад}$.

В соответствии с СП 50-102-2003 и СНиП 2.02.03-85 горизонтальная нагрузка, действующая на фундамент с вертикальными сваями одинакового поперечного сечения, принимается равномерно распределённой между всеми сваями.

Расчётная горизонтальная нагрузка на винтовую сваю в составе фундамента определяется по формуле:

$$Q_0 = \frac{Q}{n}, \quad (8.3)$$

где

Q_0 - расчётная горизонтальная нагрузка на одну сваю, κH ;

Q - расчётная горизонтальная нагрузка на фундаментную конструкцию, κH ;

n - количество свай в фундаментной конструкции.

Расчётная горизонтальная нагрузка, передаваемая на фундаментную конструкцию, должна быть приложена в уровне низа ростверка.

9 Расчёт фундаментов из винтовых свай по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения

9.1 Расчёт фундаментов из винтовых свай по устойчивости и прочности на воздействие сил морозного пучения выполняется в соответствии с СП 50-101-2004 и СНиП 2.02.04-88.

В соответствии с СП 50-101-2004 расчёт оснований фундаментов опор ВЛ, сложенных пучинистыми грунтами, по несущей способности должен выполняться с учётом одновременного действия сил морозного пучения, постоянных и длительных временных нагрузок. Расчёт оснований опор на одновременное действие сил морозного пучения и кратковременных нагрузок (ветровых и от обрыва проводов) не требуется.

9.2 Лопасть винтовой сваи должна быть погружена не менее чем на диаметр лопасти ниже расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания грунта. Проверка устойчивости фундаментов на воздействие касательных сил морозного пучения, действующих вдоль боковой поверхности фундаментов, выполняется по формуле:

$$\tau_{fn} A_{fn} - \gamma_f N_d^c \leq \frac{\gamma_c F_{rf}}{\gamma_n}, \quad (9.1)$$

где

τ_{fn} - значение расчетной удельной касательной силы пучения, принимаемое в соответствии с п. 9.3, $\kappa Па$;

A_{fn} - площадь боковой поверхности фундамента, находящейся в пределах расчетной глубины сезонного промерзания-оттаивания, $м^2$;

γ_f - коэффициент надёжности по сжимающей нагрузке, принимаемый $\gamma_f = 0.9$;

N_d^c - расчётная постоянная сжимающая нагрузка, κH ;

γ_c - коэффициент условий работы, принимаемый равным для немерзлых грунтов $\gamma_c = 1.1$, для вечномерзлых грунтов - $\gamma_c = 1.0$;

γ_n - коэффициент надёжности, принимаемый равным $\gamma_n = 1.1$;

F_{rf} - расчётное значение силы, удерживающей фундамент от выпучивания вследствие трения его боковой поверхности о талый грунт, лежащий ниже расчетной глубины промерзания, принимаемое для немерзлых (талых и с сезонным промерзанием) грунтов в соответствии с п. 9.4, для вечномерзлых грунтов - п. 9.5, κH .

Устойчивость фундаментов, работающих на постоянные выдёргивающие нагрузки, дополнительно проверяют по формуле:

$$\tau_{fn} A_{fn} + \gamma_f N_{du}^c \leq \frac{\gamma_c F_{rf}}{\gamma_n}, \quad (9.2)$$

где

γ_f - коэффициент надёжности по выдёргивающей нагрузке, принимаемый $\gamma_f = 1.1$;

N_{du}^c - расчётная постоянная выдёргивающая нагрузка, кН.

9.3 Значение расчетной удельной касательной силы пучения τ_{fn} должно определяться, как правило, опытным путем. При отсутствии опытных данных допускается принимать значения τ_{fn} по таблице 6 в зависимости разновидности грунта и глубины сезонного промерзания-оттаивания. Для промежуточных глубин промерзания значения τ_{fn} определяются интерполяцией.

В зависимости от вида поверхности фундамента приведённые значения τ_{fn} умножают на коэффициент:

для немёрзлых (талых и с сезонным промерзанием) грунтов:

0.8 - для металлической поверхности из горячекатаного проката без специальной обработки;

1.0 - для гладкой бетонной необработанной поверхности ростверка;

1.1 - для шероховатой бетонной поверхности ростверка с выступами и кавернами до 5 мм;

1.25 - для шероховатой бетонной поверхности ростверка с выступами и кавернами до 20 мм;

для вечномёрзлых грунтов:

0.7 - для металлической поверхности из горячекатаного проката без специальной обработки;

1.0 - для бетонной поверхности ростверка, изготовляемого в опалубке.

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

Таблица 6

Значения расчётной удельной касательной силы пучения τ_{fh} , кПа, в зависимости от разновидности грунта и глубины сезонного промерзания-оттаивания

Разновидность и характеристики грунта	Значения расчётной удельной касательной силы пучения τ_{fh} , кПа, при глубине сезонного промерзания-оттаивания грунта, м		
	до 1.5	2.5	3 и более
глинистые грунты при показателе текучести $I_L > 0.5$; крупнообломочные грунты с заполнителем, пески мелкие и пылеватые с коэффициентом водонасыщения $S_r > 0.95$	110	90	70
глинистые грунты при показателе текучести $0.25 < I_L \leq 0.5$; крупнообломочные грунты с заполнителем, пески мелкие и пылеватые с коэффициентом водонасыщения $0.8 < S_r \leq 0.95$	90	70	55
глинистые грунты при показателе текучести $I_L \leq 0.25$; крупнообломочные грунты с заполнителем, пески мелкие и пылеватые с коэффициентом водонасыщения $0.6 < S_r \leq 0.8$	70	55	40

9.4 Расчётное значение силы F_{rf} , кН, удерживающей фундамент от выпучивания, для немёрзлых (талых и с сезонным промерзанием) грунтов следует определять по формуле:

$$F_{rf} = f_r A_r + \pi d f (L_1 - d_{th} - D) + \gamma_{cR} (\alpha_1 c_1 + \alpha_2 \gamma_1 L) A, \quad (9.3)$$

где

f_r - приведённое расчётное значение сопротивления грунта на боковой поверхности ростверка, находящейся ниже глубины сезонного промерзания-оттаивания, принимаемое в соответствии с разделом 7.1, кПа;

A_r - площадь боковой поверхности сдвига ростверка, находящейся ниже расчётной глубины промерзания-оттаивания, m^2 ;

d - диаметр ствола сваи, м;

f - расчётное сопротивление грунта сдвигу по боковой поверхности ствола сваи, находящейся ниже расчётной глубины промерзания-оттаивания, принимаемое в соответствии с разделом 7.1, кПа;

L_1 - длина ствола сваи, погружённой в грунт, м;

d_{th} - расчётная глубина сезонного промерзания-оттаивания, м;

D - диаметр лопасти сваи, м;

γ_{cR} - коэффициент условий работы грунта в рабочей зоне, принимаемый по таблице 1 для выдёргивающей нагрузки;

α_1, α_2 - безразмерные коэффициенты, принимаемые по таблице 2 в зависимости от значения φ_1 ;

φ_1 - расчётное значение угла внутреннего трения в рабочей зоне, град;

c_1 - расчётное значение удельного сцепления грунта в рабочей зоне, кПа;

γ_1 - приведённое значение расчётного удельного веса грунтов, принимаемое с учётом п. 7.1.4 и п. 7.1.5, кН/м³;

L - глубина погружения лопасти, считая от поверхности природного рельефа, м;

A - проекция рабочей площади лопасти, определяемая в соответствии с п. 7.1.6 при работе на выдёргивающую нагрузку, м².

Площадь боковой поверхности ростверка учитывается при заложении ростверка ниже расчётной глубины промерзания-оттаивания.

9.5 Расчётное значение силы F_{rf} , кН, удерживающей фундамент от выпучивания, для вечномёрзлых грунтов следует определять по формуле:

$$F_{rf} = R_{af} A_r + \pi d \sum_i R_{af,i} h_i + R_{sh} A_{sh} \quad (9.4),$$

где

R_{af} - расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по боковой поверхности смерзания ростверка, принимаемое в соответствии с разделом 7.2, кПа;

A_r - площадь поверхности смерзания грунта с боковой поверхностью ростверка, находящейся ниже расчётной глубины промерзания-оттаивания, м²;

$R_{af,i}$ - расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по боковой поверхности смерзания ствола сваи без учёта винтовой части в пределах i -ого слоя грунта ниже расчётной глубины промерзания-оттаивания, принимаемое в соответствии с разделом 7.2, кПа;

R_{sh} - расчётное сопротивление мёрзлого грунта сдвигу по грунту в пределах винтовой части, принимаемое в соответствии с разделом 7.2, кПа;

A_{sh} - площадь поверхности сдвига по грунту в пределах винтовой части, принимаемая в соответствии с разделом 7.2, м².

Площадь боковой поверхности ростверка учитывается при заложении ростверка ниже расчётной глубины промерзания-оттаивания.

10 Конструирование свайных фундаментов

10.1 Выбор конструкции и размеров свай должен осуществляться с учётом значений и направления действия нагрузок на фундаменты (в том

числе монтажных нагрузок), а также технологии строительства здания или сооружения.

Число свай в фундаменте и их размеры следует назначать из условия максимального использования прочности материала свай и грунтов основания при расчётной нагрузке, допускаемой на сваю.

10.2 Сваи в кусте внецентренно нагруженного фундамента следует размещать таким образом, чтобы равнодействующая постоянных нагрузок, действующая на фундамент, проходила возможно ближе к центру тяжести плана свай.

10.3 Для восприятия вертикальных, горизонтальных нагрузок и моментов допускается предусматривать вертикальные, наклонные и козловые сваи.

10.4 Фундаменты из винтовых свай в зависимости от действующих нагрузок следует проектировать в виде одиночных свай или свайных кустов. Рекомендованное количество винтовых свай в кустах: две, три, четыре, шесть и более.

При конструировании фундаментов из винтовых свай необходимо соблюдать условие ограничения минимального расстояния между лопастями свай: расстояние между осями винтовых свай должно быть не менее 3-х диаметров лопасти сваи.

Расстояние между наклонными или между наклонными и вертикальными сваями в уровне нижней плоскости ростверка должно быть не менее 3-х диаметров ствола сваи.

10.5 Выбор длины свай должен производиться в зависимости от грунтовых условий строительной площадки, уровня расположения нижней части ростверка с учётом возможностей имеющегося оборудования для устройства свайных фундаментов.

При проектировании фундаментов из винтовых свай необходимую несущую способность свай рекомендуется обеспечивать за счёт увеличения глубины погружения сваи, а не за счёт увеличения диаметра её лопасти.

10.6 В зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения могут быть применены монолитные железобетонные или металлические ростверки.

Железобетонные ростверки применяют для обеспечения жёсткости фундамента, а также для уменьшения давления на грунт при восприятии больших величин изгибающих моментов.

Высота железобетонного ростверка определяется расчётом согласно СНиП 52-01-2003. Армирование ростверка производится плоскими сетками, как правило, из арматуры класса А-III (А400). Для ростверка применяют, как правило, бетон класса по прочности В15 и В20.

При расчёте жёсткого железобетонного ростверка, обеспечивающего одинаковую осадку всех свай, следует учитывать перераспределение нагрузки на сваи, в результате которого нагрузка на угловые сваи будет выше средних,

что может вызвать значительные изгибающие моменты на краях и в углах ростверка.

Конструктивное решение металлического ростверка определяется в зависимости от нагрузок на фундамент и прочности материала ростверка. Балки располагаются в один, два или три яруса, на которые устанавливается опорная плита. Каждая балка ростверка составляется из швеллеров или двутавров, усиленных при необходимости рёбрами жёсткости. Сортамент балок ростверка определяется в зависимости от нагрузки в соответствии с СНиП II-23-81* и СП 53-102-2004.

Соединение всех элементов металлического фундамента между собой производится при помощи сварки или болтового соединения. Балки ростверка следует изготавливать из той же марки стали, из которой изготовлены винтовые сваи: рекомендуется сталь марки С 255 при температуре эксплуатации выше -40°C и сталь марки С345 при температуре эксплуатации ниже -40°C в соответствии с ГОСТ 27772-88*.

Железобетонный или металлический ростверк может быть расположен ниже уровня поверхности земли для улучшения эстетического вида фундамента (видна только его опорная часть) и его экологичности (на поверхности земли проектируются зелёные насаждения), уменьшения землеотвода. В этом случае необходимо принять дополнительные меры по защите ростверка от коррозии в соответствии со СНиП 2.03.11-85.

10.7 Сопряжение железобетонного или металлического свайного ростверка со сваями предусматривается жёстким и рекомендуется в случае, когда:

- сваи располагаются в слабых грунтах (рыхлых песках, глинистых грунтах текучей консистенции, илах, торфах и т.п.);
- в месте сопряжения сжимающая нагрузка, передаваемая на сваю, приложена к ней с эксцентриситетом, выходящим за пределы её ядра сечения;
- на сваю действуют значительные горизонтальные нагрузки или изгибающие моменты;
- в фундаменте имеются наклонные сваи;
- при работе свай на выдёргивающие нагрузки.

10.8 При строительстве на пучинистых грунтах необходимо предусматривать меры, предотвращающие или уменьшающие влияние сил морозного пучения грунта на свайный ростверк.

10.9 Глубина заложения лопасти винтовой сваи должна превышать расчётную глубину сезонного промерзания-оттаивания не менее, чем на диаметр лопасти сваи.

10.10 При проектировании фундаментов из винтовых свай на основаниях, включающих органо-минеральные и органические грунты, следует назначать глубину погружения лопасти больше глубины заложения слоёв этих грунтов. Расчёт фундаментной конструкции должен проводиться по схеме высокого свайного ростверка.

11 Устройство свайных фундаментов

11.1 Устройство свайных фундаментов осуществляется в соответствии с требованиями СП 50-102-2003.

11.2 Рекомендуемая последовательность устройства свайных фундаментов из винтовых свай:

- планировка поверхности площадки;
- разбивка осей фундаментов;
- приёмка винтовых свай;
- проверка наличия всех деталей, сборочных единиц и их соответствия спецификациям общих видов, комплектующей и отгрузочной ведомостям;
- погружение винтовых свай до проектной отметки;
- составление акта скрытых работ на погружение винтовых свай;
- проведение испытаний винтовых свай статической нагрузкой;
- составление протокола испытаний винтовых свай;
- устройство свайного ростверка;
- приёмка и контроль качества работ по устройству свайных фундаментов в соответствии с требованиями СП 50-102-2003;
- составление акта скрытых работ на монтажные работы.

11.3 Погружение винтовых свай в грунт может производиться различными методами:

- вручную (воротом);
- с использованием вращающего механизма (различных видов кабестанов);
- специальной машиной для завинчивания свай (с устройством для захвата сваи и вращающим механизмом).

Специальные механизмы для погружения винтовых свай (в том числе машины для завинчивания) должны обеспечивать значение величины крутящего момента $5 - 15 \text{ т} \cdot \text{м}$ и гарантировать вертикальность или точность угла наклона сваи при погружении. Точность угла погружения сваи принимается в соответствии с требованиями к устройству фундаментов объектов электросетевого строительства согласно СНиП 3.05.06-85.

Погружение винтовых свай в вечномёрзлые грунты осуществляется с предварительным устройством лидерной скважины, диаметр которой принимается равным диаметру ствола сваи.

В немёрзлых грунтах погружение осуществляется без лидерной скважины, при необходимости допускается устройство лидерной скважины с диаметром, меньшим диаметра ствола сваи.

В соответствии с СП 50-102-2003 в процессе погружения свай через каждые 0.5 м должны фиксироваться и заноситься в журнал погружения винтовых свай продолжительность погружения сваи и значения крутящего момента.

11.4 При проведении авторского надзора рекомендуется контролировать достигнутое при погружении каждой сваи в немёрзлые

грунты значение несущей способности с использованием данных завинчивания, в частности, величины крутящего момента на интервале погружения, равном диаметру лопасти выше (при выдёргивании) или ниже (при сжатии) проектной глубины погружения. Ориентировочную оценку несущей способности сваи рекомендуется осуществлять путём умножения средней величины крутящего момента в указанном интервале на коэффициент пропорциональности, устанавливаемый экспериментально по данным статических испытаний свай.

11.5 Геотехнический мониторинг в процессе производства работ по устройству свайных фундаментов должен производиться согласно разделу 16 СП 50-102-2003.